





ANNALES

DE

Musée
L'INSTITUT OCÉANOGRAPHIQUE

(Fondation ALBERT I^{er}, Prince de Monaco)

PUBLIÉES

SOUS LA DIRECTION

DE

M. LE D^r L. JOUBIN

PROFESSEUR AU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
ET
A L'INSTITUT OCÉANOGRAPHIQUE

Tome IV



197 334
13: 7: 25-

PARIS

MASSON ET C^{ie}, ÉDITEURS

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN

—
1912



GC

1

I 44

t. 4

TABLE DES MATIÈRES

- FASCICULE 1. MANGIN. — **Phytoplancton de la croisière du " René " dans l'Atlantique (septembre 1908).**
- 2. JOUBIN (M.-L.). — **Carte des bancs et récifs de Coraux (Madrépores).**
- 3. EPRY (CH.). — **Les Ripple-Marks.**
- 4. SUDRY (L.). — **Expériences sur la puissance de transport des courants d'eau et des courants d'air et Remarques sur le mode de formation des roches sédimentaires détritiques et des dépôts éoliens.**
- 5. HARIOT (P.). — **Flore algologique de la Hougue et de Tatihou.**
- 6. THOULET (M.-J.). — **Étude bathylithologique des côtes du golfe du Lion.**

Phytoplancton

de la croisière du *René* dans l'Atlantique.

(Septembre 1908.)

PAR M. L. MANGIN,

MEMBRE DE L'INSTITUT, PROFESSEUR AU MUSEUM D'HISTOIRE NATURELLE.

Je présente dans ce mémoire les résultats de l'analyse du Phytoplancton récolté par M. Anthony au cours d'une croisière exécutée en septembre 1909 avec M. Pérard à bord du yacht *René*, mis gracieusement à la disposition de ces chercheurs par M. Glandaz.

Cette croisière constituait une étude préliminaire des recherches à poursuivre pour aboutir à la connaissance des causes de la migration de la Sardine.

Par une note préliminaire, M. Anthony (1) a fait connaître l'itinéraire de la croisière et les diverses opérations effectuées : lancement des flotteurs, récolte de plancton, d'eau de mer, pêche de sardines, etc. Partis de Concarneau le 9 septembre 1908 au matin, MM. Anthony et Pérard se dirigèrent directement sur les Sables d'Olonne où commencèrent les opérations. Longeant la côte en se dirigeant vers le Nord et en faisant de temps à autre des incursions au large, ils débarquèrent à Brest le 23 septembre 1908. La carte ci-jointe, fig. 1, indique l'itinéraire suivi, et les numéros échelonnés le long du tracé marquent les opérations. Ceux de ces numéros en caractères gras correspondent aux pêches que nous avons pu analyser.

Les pêches de plancton conservées dans l'alcool ou le formol ont été préalablement soumises à un lavage à l'eau distillée, puis conservées définitivement dans l'alcool. L'analyse a été effectuée par la méthode que j'ai recommandée (2); elle nécessitait pour chaque pêche deux opérations distinctes, l'une pour les Diatomées, l'autre pour les Périidiniens.

Pour étudier les Diatomées, on dispose une partie du plancton dans un tube additionné de quatre à cinq fois son volume d'héματοxyline de Delafield *vieille*, et on laisse macérer pendant vingt-quatre ou quarante-huit heures. Au bout de ce temps, on verse le tout dans un grand volume d'eau distillée; par précipitation et par décantation, on enlève le liquide en excès pour isoler les sédiments colorés en violet plus ou moins foncé. Ces sédiments se conservent en état, pour l'étude, au moins pendant quelques mois, quand on les place dans l'alcool absolu.

(1) ANTHONY, La croisière du *René*, entreprise pour contribuer à l'étude de la biologie de la Sardine, 1910 (V^e Congrès national des pêches maritimes des Sables d'Olonne, 1909).

(2) L. MANGIN, Sur une méthode d'analyse des organismes du Plancton (*Bull. de la Soc. Bot. de France*, 4^e série, t. VIII, 1908, p. 574).

Le lavage par précipitation et par décantation est un peu long, car il exige un ou deux jours, mais il est préférable à l'emploi du centrifugeur qui risque de briser les épines et les ornements délicats des Diatomées.

Pour la recherche des Périidiniens, on prend une partie du sédiment débarrassé de l'excès de liquide et on l'additionne de 8 ou 10 centimètres cubes d'une solution de potasse à 5 p. 100; puis on ajoute le volume d'un grain de chènevis de la matière colorante : c'est ordinairement l'azurine brillante. On porte le tout à l'ébullition pendant une ou deux minutes, on laisse refroidir, on étend d'eau et on abandonne le liquide au repos. Le résidu lavé par décantation est additionné de 1 ou 2 centimètres cubes d'une solution de sulfate de cuivre à 5 p. 100 et d'une goutte d'acide acétique cristallisable; enfin le tout est additionné de son volume de glycérine. On obtient ainsi des pêches dans lesquelles les Périidiniens sont colorés en bleu plus ou moins foncé et se conservent avec cette coloration, pendant longtemps, à condition qu'on ne les expose pas à la lumière solaire. J'en conserve ainsi presque aussi colorés qu'au premier jour depuis trois ans.

Il est quelquefois nécessaire d'enlever les matières azotées qui gênent l'observation. Dans ce but, on additionne le plancton d'une solution concentrée d'hypochlorite de soude étendue de son volume d'eau et on laisse en contact pendant une heure. On lave avec une grande masse d'eau, puis on colore la préparation à froid en la laissant au contact de la solution de potasse à 5 p. 100 et du colorant pendant vingt-quatre heures. On lave par décantation et on procède comme pour la coloration obtenue à chaud.

Dans ces conditions, les couleurs de la série benzdique (congo brillant, benzoazurine, azurine brillante, etc.) sont fixées plus ou moins énergiquement par la cuirasse des Périidiniens. Les diverses espèces du genre *Peridinium* sont à l'ordinaire très fortement colorées; les Dinophysées, le *Pyrophacus horologium* et enfin les *Ceratium* sont beaucoup moins colorés. En outre, certaines espèces se désarticulent immédiatement, notamment les espèces du genre *Ceratium*. Les Dinophysées, les Périidiniées, les *Prorocentrum* résistent plus longtemps à la désarticulation, à moins que l'ébullition dans la solution de potasse ait duré assez longtemps. Il résulte de là que l'étude des formes chez les *Ceratium* nécessite l'observation simultanée des préparations colorées à l'hématoxyline et des préparations colorées par l'azurine brillante. Si la rapidité de la dissociation est un obstacle à l'examen de certaines formes, par contre, la méthode de coloration présente de grands avantages au point de vue de la numération et de l'arrangement des plaques.

En procédant à l'examen des pêches préparées comme il vient d'être dit, j'ai pensé qu'il était utile de dénombrer les individus en faisant connaître approximativement leur ordre d'importance numérique. J'ai employé pour cette détermination l'échelle suivante :

Numéros.	Nombre d'individus.	
1/2.....	1 à 5	Très rare.
1.....	6 — 10	Rare.
2.....	11 — 20	Assez rare.
3.....	21 — 50	Assez commun.
4.....	51 — 100	Commun.
5.....	101 — 200	Très commun.
6.....	201 et plus	Extrêmement commun.

Les numéros 1/2, 1, 2, 3, 4, 5, 6 indiquent le degré de fréquence mesuré par le nombre des individus rencontrés dans une préparation. Ces numéros correspondent dans



Fig. 1. — Carte de l'itinéraire du René.

les tableaux annexés au présent travail à des traits de même largeur, mais d'épaisseur croissante jusqu'au numéro 6.

De cette manière, comme je l'ai déjà indiqué pour le plancton de Saint-Vaast en 1907 (1), il est facile, par un simple coup d'œil, de se rendre compte des espèces dominantes et de distinguer les planctons homogènes et hétérogènes.

PREMIÈRE PARTIE

LISTE DES ESPÈCES RÉCOLTÉES

N° 6. — 11 Septembre 1909. 5 h. 25 soir. Parages des Sables d'Olonne.
T. air, 15°; T. eau, 17°,5.

Le fond, de nature sableuse, est à 30 mètres. Le plancton est peu abondant, dense.

DIATOMACÉES.

- 1 *Chaetoceros pseudo-curvisetus*, Mangin.
- 2 *Coscinodiscus Oculus-Iridis*, Ehr.
- 1 *Coscinodiscus perforatus*, Ehr.
- 1 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
- 1 *Dactyliosolen tenuis*, Cleve.
- 1 *Ditylium Brightwellii*, West.
- 1 *Hemiaulus Hauckii*, Gran.
- 1 *Nitzschia seriata*, Cleve.
- 1 *Pleurosigma*, sp.
- 2 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cl.
- 3 *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, Cl.
- 2 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
- 2 *Rhizosolenia styliiformis*, Btw.
- 1 *Rhizosolenia setigera*, Btw.
- 1 *Stephanopyxis Turris* (Grev.) Ralfs.

PÉRIDINIALES.

- 1/2 *Blepharocysta Splendor-Maris*, Ehr.
- 4 *Ceratium Candelabrum* (Ehr.), Stein.
- 1/2 *Ceratium declinatum*, Karst.
- 1 *Ceratium Fusus* (Ehr.), Duj.
- 5 *Ceratium gibberum*, Goult.
- 2 *Ceratium massiliense*, Goult.
- 1 *Ceratium reticulatum* (Pouch.), Cleve.
- 1/2 *Dinophysis acuta*, Ehr.
- 1/2 *Dinophysis Ovum*, Schütt.
- 1/2 *Glenodinium*, sp.
- 1/2 *Gonyaulax polygramma*, Stein.
- 1/2 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
- 1/2 *Peridiniopsis assymetrica* v. *sphaerica*, nov. var.
- 1 *Peridinium crassipes*, Kof.
- 2 *Peridinium depressum*, Bail.
- 1/2 *Peridinium Globulus*, Stein.
- 2 *Peridinium oceanicum*, Vanh.
- 1/2 *Peridinium macrospinum*, nov. sp.
- 1/2 *Peridinium pedunculatum*, Schütt.
- 1/2 *Peridinium pellucidum* (Berg), Schütt.
- 1 *Peridinium pentagonum*, Gran (avec membranes incluses).
- 1/2 *Phalacroma minutum*, Cleve.
- 1/2 *Prorocentrum micans*, Ehr.

N° 8. — Parages des Sables d'Olonne. 8 h. 30 matin.
T. air, 14°; T. eau, 17°,5.

Le fond, de sable roux, est à 30 mètres. Plancton très abondant, floconneux.

DIATOMÉES.

- 1/2 *Actinopterychus undulatus* (Bail.). Ralfs.
- 2 *Bacteriastrum varians*, Lauder.

PÉRIDINIALES.

- 1/2 *Blepharocysta Splendor-Maris*, Ehr.
- 4 *Ceratium Candelabrum* (Ehr.), Stein.

(1) L. MANGIN, Sur la flore planctonique de Saint-Vaast-la-Hougue en 1907 (*Bull. Soc. Bot. de France*, 1908, t. VIII, 4^e série, p. 13).

- 1 *Biddulphia mobiliensis*, Bail.
 1 *Chaetoceros decipiens*, Cleve.
 1 *Chaetoceros didymus*, Ehr.
 2 *Chaetoceros curvisetus*, Cleve.
 1 *Chaetoceros pseudocurvisetus*, Mangin.
 1/2 *Corethron criophilum*, Castr.
 3 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
 3 *Coscinodiscus Oculus-Iridis*, Ehr.
 2 *Coscinodiscus radiatus*, Ehr.
 1 *Ditylium Brightwellii* (West), Grun.
 1 *Guinardia flaccida* (Castr.).
 2 *Hemiaulus Hauckii*, Grun.
 1 *Lauderia annulata*, Cleve.
 1 *Lithodesmium undulatum*, Ehr.
 — 1 *Melosira Borreri*, Grev.
 1 *Nitzschia seriata*, Cleve.
 1/2 *Pleurosigma*, sp.
 2 *Rhizosolenia alata*, Btw.
 5 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
 3 + *Rhizosolenia robusta*, Norm.
 1 *Rhizosolenia Stolterfothii*, Perag.
 2 + *Rhizosolenia styliformis*, Btw.
 4 *Stephanopyxis Turris* (Grev.). Ralfs.
 1/2 *Ceratium declinatum*, Karst.
 2 *Ceratium Fusus* (Ehr.), Duj.
 1/2 *Ceratium Furca* (Ehr.), Duj.
 5 *Ceratium gibberum*, Gourr.
 1/2 *Ceratium macroceros* (Ehr.), Cleve.
 2 *Ceratium massiliense*, Gourr.
 2 *Ceratium reticulatum* (Pouch.), Cleve.
 1 *Dinophysis acuta*, Ehr.
 1 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
 1 *Dinophysis rotundata* (Clap.), Lachm.
 1/2 *Goniodoma polyedricum* (Pouch.), Jörg.
 1/2 *Gonyaulax polygramma*, Stein.
 2 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
 1/2 *Peridiniopsis assymetrica* v. *sphaerica*, nov. var.
 1/2 *Peridinium Cerasus*, Pauls.
 4 *Peridinium depressum*, Bail.
 1 *Peridinium divergens*, Ehr.
 1/2 *Peridinium macrospinum*, nov. sp.
 1/2 *Peridinium monospinum*, Pauls.
 2 *Peridinium oceanicum*, Vanh.
 1 *Peridinium pentagonum*, Gran.
 1 *Peridinium punctulatum*, Pauls.
 1/2 *Peridinium Steinii*, Jörg.
 1/2 *Phalacroma minutum*, Cleve.

N° 9, — Parages des Sables d'Olonne. 11 heures matin.

T. eau, 20°.

Le fond est à 20 mètres. Plancton abondant, léger.

DIATOMACÉES.

- 1 *Bacteriastrum varians*, Lauder.
 1 *Biddulphia mobiliensis*, Bail.
 2 *Chaetoceros curvisetus*, Cleve.
 1 *Chaetoceros pseudo-curvisetus*, Mangin.
 1 *Chaetoceros didymus*, Ehr.
 3 *Coscinodiscus Oculus-Iridis*, Ehr.
 2 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
 1 *Guinardia flaccida* (Castr.). Perag.
 1/2 *Lauderia annulata*, Cleve.
 1/2 *Lithodesmium undulatum*, Ehr.
 1 *Melosira Borreri*, Grev.
 1/2 *Nitzschia Closterium*, W. Sm.
 1/2 *Nitzschia seriata*, Cleve.
 2 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
 1 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
 1 *Rhizosolenia styliformis*, Btw.
 3 *Stephanopyxis Turris* (Grev.) Ralfs.

PÉRIDINIALES.

- 1/2 *Blepharocysta Splendor-Maris*, Ehr.
 1 *Ceratium Candelabrum* (Ehr.), Stein.
 1/2 *Ceratium declinatum*, Karst.
 1/2 *Ceratium Fusus* (Ehr.), Duj.
 3 *Ceratium gibberum*, Gourr.
 1/2 *Ceratium reticulatum* (Pouch.), Cleve.
 1 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
 1 *Dinophysis Ovum*, Schütt.
 1/2 *Goniodoma polyedricum* (Pouch.), Jörg.
 1 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
 1/2 *Peridiniopsis assymetrica* v. *sphaerica*, nov. var.
 1/2 *Peridinium breve*, Pauls.
 3 *Peridinium depressum*, Bail.
 3 *Peridinium divergens*, Ehr.
 1/2 *Peridinium excentricum*, Pauls.
 1 *Peridinium pentagonum*, Gran.
 1 *Peridinium Steinii*, Jörg.
 1 *Peridinium subinermis*, Pauls.
 1 *Prorocentrum micans*, Ehr.

N° 10. — 12 Septembre 1909. Large des Sables d'Olonne. 5 h. 15 soir.
T. air, 16°; T. eau, 13°.

Fond; de sable fin, à 45 mètres.

DIATOMACÉES.

- 1/2 *Chatoceros decipiens*, Cleve.
- 5 + *Coscinodiscus Oculus-Iridis*, Ehr.
- 1 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
- 1/2 *Ditylium Brightwellii* (West.), Grun.
- 1 *Hemiaulus Hauckii*, Grun.
- 1 *Pleurosigma*, sp.
- 2 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
- 1 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
- 1 *Rhizosolenia styliiformis*, Btw.
- 2 *Stephanopyxis Turris* (Grev.), Ralfs.
- 1/2 *Thalassiothrix nitzschoides*, Grun.

PÉRIDINIALES.

- 1 *Blepharocysta Splendor Maris*, Ehr.
- 4 *Ceratium candelabrum* (Ehr.), Stein.
- 2 *Ceratium Furca* (Ehr.), Duj.
- 5 *Ceratium gibberum*, Gourr.
- 1/2 *Ceratium macroceros* (Ehr.), Cleve.
- 1 *Ceratium massiliense*, Gourr.
- 2 *Ceratium reticulatum* (Pouch.), Cleve.
- 1 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
- 1 *Dinophysis Ovum*, Schütt.
- 1/2 *Exuviella compressa* (Bail.), Ostf.
- 1 *Goniodoma polyedricum* (Pouch.), Jörg.
- 1/2 *Gonyaulax spinifera* (Clap. Lachm.), Dies.
- 2 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
- 2 *Peridinium crassipes*, Kof.
- 2 + *Peridinium divergens*, Ehr.
- 2 *Peridinium depressum*, Bail.
- 1 *Peridinium macrospinum*, nov. sp.
- 1/2 *Phalacroma minutum*, Cleve.
- 2 + *Peridinium oceanicum*, Vanh.
- 1 *Peridinium ovatum* (Pouch.), Schütt.
- 1 *Peridinium pentagonum*, Gran.
- 1 *Peridinium Steinii*, Jörg.
- 1/2 *Pyrophacus horologium*, Stein.

N° 11. — 13 Septembre 1909. Parages des Sables d'Olonne. 10 heures matin.

DIATOMACÉES.

- 1 *Actinocyclus Ehrenbergii*, Ralfs.
- 1 *Actinoptychus undulatus* (Bail.), Ralf.
- 1 *Bacillaria paradoxa*, Gmel.
- 1 *Biddulphia mobiliensis*, Bail.
- 1 *Chatoceros decipiens*, Cleve.
- 1 *Chatoceros pseudo-curvisetus*, Mangin.
- 1/2 *Corethron criophilum*, Cast.
- 1 *Coscinodiscus Oculus-Iridis*, Ehr.
- 1 *Ditylium Brightwellii* (West.), Grun.
- 1 *Eucampia Zodiacus*, Ehr.
- 1 *Hemiaulus Hauckii*, Grun.
- 1/2 *Hyalodiscus stelliger*, Bail.
- 1/2 *Lithodesmium undulatum*, Ehr.
- 1 *Melosira Borreri*, Grev.
- 1 *Navicula*, sp.

PÉRIDINIALES.

- 4 *Ceratium Candelabrum* (Ehr.), Stein.
- 1 *Ceratium declinatum*, Karst.
- 1 *Ceratium Furca* (Ehr.), Duj.
- 2 *Ceratium Fusus* (Ehr.), Duj.
- 5 *Ceratium gibberum*, Gourret.
- 1 *Ceratium massiliense*, Gourr.
- 1/2 *Ceratium reticulatum* (Pouch.), Cleve.
- 2 *Dinophysis acuta*, Ehr.
- 1 *Dinophysis Ovum*, Schütt.
- 1/2 *Diplopsalis minima*, nov. sp.
- 1 *Glenodinium*, sp.
- 2 *Goniodoma polyedricum* (Pouch.), Jörg.
- 1/2 *Gonyaulax polygramma*, Stein.
- 1/2 *Gonyaulax spinifera* (Clap. Lachm.), Dies.
- 2 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.

- 1 *Pleurosigma*, sp.
- 1 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
- 1 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
- 1 *Rhizosolenia setigera*, Btw.
- 1/2 *Rhizosolenia styliiformis*, Btw.
- 1 *Stephanopyxis Turris* (Grev.), Ralfs.
- 1 *Thalassiothrix nitzschoides*, Grun.

- 1/2 *Peridinium breve*, Pauls.
- 1/2 *Peridinium Cerasus*, Pauls.
- 4 *Peridinium depressum*, Bail.
- 3 *Peridinium divergens*, Ehr.
- 1 *Peridinium Globulus*, Stein.
- 1/2 *Peridinium macrospinum*, nov. sp.
- 4 *Peridinium oceanicum*, Vanh.
- 1/2 *Peridinium pentagonum*, Gran, avec membranes.
- 1 *Peridinium Steinii*, Jörg.
- 1/2 *Phalacroma minutum*, Cleve.
- 1 *Prorocentrum micans*, Ehr.
- 1/2 *Pyrophacus horologium*, Stein.

N° 12. — 14 Septembre 1909. Parages des Sables d'Olonne, 10 heures matin.

Le dépôt, un peu opalin et extrêmement fin, se dissout en partie dans l'eau; il reste un précipité granuleux, représentant à peu près la moitié du dépôt primitif. Ce dépôt constitue un plancton très pauvre en organismes vivants; il contient beaucoup de débris inertes.

DIATOMACÉES.

- 1 *Bacteriastrum varians*, Lauder.
- 1 *Chaetoceros curvisetus*, Cleve.
- 1 *Chaetoceros decipiens*, Cleve.
- 2 *Coscinodiscus Oculus-Iridis*, Ehr.
- 1/2 *Navicula*, sp.
- 1/2 *Pleurosigma*, sp.
- 1/2 *Rhabdonema arcuatum* (Lyngb.), Kuetz.
- 1/2 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
- 1/2 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
- 1/2 *Rhizosolenia setigera*, Btw.

PÉRIDINIALES.

- 2 *Ceratium Candelabrum* (Ehr.), Stein.
- 1 *Ceratium Furca* (Ehr.), Duj.
- 1/2 *Ceratium Fusus* (Ehr.), Duj.
- 2 *Ceratium gibberum*, Gourr.
- 1 *Ceratium massiliense*, Gourr.
- 1 *Ceratium reticulatum* (Pouchet), Cleve.
- 2 *Peridinium crassipes*, Kof.
- 1 *Peridinium divergens*, Ehr.
- 1 *Peridinium oceanicum*, Vanh.
- 1/2 *Peridinium ovatum* (Pouch.), Schütt.
- 1/2 *Peridinium pedunculatum*, Schütt.
- 1/2 *Peridinium pentagonum*, Gran.
- 1 *Peridinium Steinii*, Jörg.

N° 13. — 14 Septembre 1908. Entre les Sables d'Olonne et l'Ile d'Yeu. 6 h. 45 à 7 h. 30 matin.

T. air, 17° 5; T. eau, 17°.

Les Péridiniens, très abondants au voisinage des Sables d'Olonne, deviennent de plus en plus rares.

DIATOMACÉES.

- 1 *Bacteriastrum varians*, Lauder.
- 2 *Cerataulina Bergonii*, Perag.
- 2 *Chaetoceros curvisetus*, Cleve.
- 1/2 *Chaetoceros Glandazi*, Mangin.
- 2 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
- 1 *Coscinodiscus Oculus-Iridis*, Ehr.
- 1/2 *Dactyliosolen tenuis*, Cleve.
- 1 *Ditylimum Brightwellii* (West.), Grun.
- 1 *Guinardia flaccida* (Cast.), Perag.

PÉRIDINIALES.

- 1 *Ceratium Candelabrum* (Ehr.), Stein.
- 1 *Ceratium gibberum*, Gourr.
- 1 *Ceratium macroceros* (Ehr.), Cleve.
- 1 *Ceratium reticulatum* (Pouch.), Cleve.
- 1/2 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
- 1 *Peridinium oceanicum*, Vanh.

- 1 *Hemiaulus Hauckii*, Grun.
- 1 *Lauderia annulata*, Cleve.
- 1 *Leptocylindrus danicus*, Cleve.
- 1 *Nitzschia seriata*, Cleve.
- 3 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
- 3 *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, Cleve.
- 1 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
- 1 *Rhizosolenia Stolterfothii*, Perag.
- 1 *Rhizosolenia styliiformis*, Btw.
- 3 *Stephanopyxis Turris* (Grev.); Ralfs.
- 1/2 *Thalassiothrix nitzschoides*, Grun.

N° 14. — 15 Septembre 1908. Au large de l'Ile d'Yeu. 8 h. 30 à 9 h. 30 matin.

T. air, 18° à 17°,5 ; T. eau, 17°,5 à 17°.

Le fond, sableux, est à 90 mètres. Le dépôt recueilli est remarquable par l'abondance des Crustacés et du *Noctiluca miliaris* ; le plancton végétal est peu abondant.

DIATOMACÉES.

- 1 *Bacteriastrum varians*, Lauder.
- 1 *Chætoceros decipiens*, Cleve.
- 1/2 *Chætoceros Glandazi*, Mangin.
- 1 *Coscinodiscus Oculus-Iridis*, Ehr.
- 1 *Coscinodiscus radiatus*, Ehr.
- 1 *Guinardia flaccida* (Cast.). Perag.
- 1 *Hemiaulus Hauckii*, Grun.
- 3 *Rhizosolenia alata*, Btw.
- 1 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
- 1/2 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
- 1 *Rhizosolenia Stolterfothii*, Perag.
- 1 *Rhizosolenia styliiformis*, Btw.
- 1/2 *Stephanopyxis Turris* (Grev.), Ralfs.

PÉRIDINIALES.

- 1/2 *Ceratium gibberum*, Gourr.
- 1 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
- 1/2 *Dinophysis Ovum*, Schütt.
- 1/2 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
- 1/2 *Peridinium divergens*, Ehr.
- 1/2 *Peridinium punctulatum*, Pauls.
- 1 *Peridinium subinermis*, Pauls.

N° 17. — 15 Septembre 1909. Entre l'Ile d'Yeu et Noirmoutier. 2 h. 45 soir.

T. air, 17° ; T. eau, 16°,5.

Le fond, de nature rocheuse, est à 28 mètres. Le dépôt, très abondant, très riche en Crustacés, laisse au moment du lavage à l'eau un nombre considérable de *Coscinodiscus* adhérents aux parois et au fond des vases.

DIATOMACÉES.

- 1 *Bacteriastrum varians*, Lauder.
- 2+ *Cerataulina Bergonii*, Perag.
- 2+ *Chætoceros decipiens*, Cleve.
- 4 *Chætoceros curvisetus*, Cleve.
- 1/2 *Chætoceros didymus*, Ehr.
- 1 *Chætoceros Glandazi*, Mangin.
- 1/2 *Chætoceros imbricatus*, nov. sp.
- 1 *Chætoceros Schuttii*, Cleve.
- 1 *Chætoceros socialis*, Lauder.
- 3 *Coscinodiscus Granii*, Gough.

PÉRIDINIALES.

- 5 *Ceratium Candelabrum* (Ehr.), Stein.
- 1 *Ceratium Fusus* (Ehr.), Duj.
- 5 *Ceratium gibberum*, Gourr.
- 1 *Ceratium macroceros* (Ehr.), Cleve.
- 3 *Ceratium massiliense*, Gourr.
- 3 *Ceratium reticulatum* (Pouch.), Cleve.
- 1 *Dinophysis Ovum*, Schütt.
- 1 *Goniodoma polyedricum* (Pouch.), Jörg.
- 1 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
- 1 *Peridinium crassipes*, Kof.

- | | |
|---|--|
| <ul style="list-style-type: none"> 1 <i>Coscinodiscus lineatus</i>, Ehr. 3 <i>Coscinodiscus Oculus-Iridis</i>, Ehr. 1 <i>Corethron criophilum</i>, Cast. 1 <i>Dactyliosolen tenuis</i>, Cleve, avec épiphytes. 1 <i>Ditylium Brightwellii</i> (West.), Grun. 1 <i>Eucampia Zodiacus</i>, Ehr. 1 <i>Guinardia flaccida</i> (Cast.). Perag. 3 <i>Hemiaulus Hauckii</i>, Grun. 1 <i>Hyalodiscus stelliger</i>, Bail. 1 <i>Lauderia annulata</i>, Cleve. 1 <i>Leptocylindrus danicus</i>, Cleve. 1/2 <i>Lithodesmium undulatum</i>, Ehr. 1 <i>Nitzschia Closterium</i>, W. Sm. 1 <i>Nitzschia seriata</i>, Cleve. 1 <i>Navicula</i>, sp. 1 <i>Pleurosigma</i>, sp. 5 <i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>corpulenta</i>, Cleve. 2 <i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>gracillima</i>, Cleve. 1/2 <i>Rhizosolenia delicatula</i>, Cleve. 2 <i>Rhizosolenia robusta</i>, Norm. 1 <i>Rhizosolenia setigera</i>, Btw. 1 + <i>Rhizosolenia Stolterfothii</i>, Perag. 2 <i>Stephanopyxis Turris</i> (Grev.), Ralfs. 1 <i>Thalassiothrix nitzschoides</i>, Grun. | <ul style="list-style-type: none"> 2 <i>Peridinium divergens</i>, Ehr. 1 <i>Peridinium oceanicum</i>, Vanh. 1 <i>Peridinium pentagonum</i>, Gran. 1 <i>Pyrophacus horologium</i>, Stein. |
|---|--|

Dans cette pêche, un certain nombre de formes de *C. reticulatum* ou de *C. massiliense* ont des cornes antérieures ou postérieures qui sont beaucoup plus courtes que les cornes normales. Cela tient à ce que l'individu venant de se diviser, la membrane très délicate, qui se forme, se plie ou se fend en plusieurs lanières qui s'enroulent en dehors (p. 25, fig. 9, a. b.).

D'autre part, le *Dactyliosolen tenuis*, déjà rencontré dans plusieurs pêches, est presque toujours recouvert d'épiphytes qui masquent les détails de la structure (fig. 2). Les pêches ayant été conservées dans le formol ne permettent pas de préciser la nature des organismes qui constituent ces épiphytes; toutefois leur masse, fortement colorée par l'hématoxyline, montre qu'ils présentent une base assez large appliquée sur les valves du *Dactyliosolen*; de cette base le corps s'arrondit en forme de dôme et se termine par une pointe courte. Est-ce un infusoire cilié incolore ou une algue verte? Il nous est impossible de préciser et nous nous abstiendrons de donner un nom à cette forme d'épiphyte, nous contentant de reproduire l'aspect des colonies qu'elle forme sur le *Dactyliosolen* où elle est cantonnée.

Il est curieux de constater que Gran a figuré la même espèce (*Nord. Planc-ton*, XIX, Diatomées, p. 25, fig. 27), avec des épiphytes d'une autre nature.

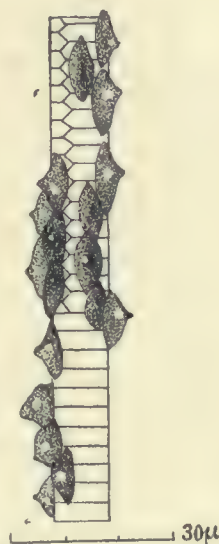


Fig. 2. — *Dactyliosolen tenuis* couvert d'épiphytes de nature indéterminée.

N° 19. — 16 Septembre. Baie de Bourgneuf. De 11 heures à 13 heures.
T. air, 16°.

Le fond, de sable, est à 30 mètres. Plancton très peu abondant, riche en débris inertes.

DIATOMACÉES.

- 1/2 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
- 1 *Nitzschia seriata*, Cleve.
- 1 *Rhizosolenia styliiformis* Btw.
- 1 *Stephanopyxis Turris* (Grev.), Ralfs.

PÉRIDINIALES.

- 1/2 *Ceratium Candelabrum* (Ehr.), Stein.
- 1/2 *Ceratium Fusus* (Ehr.), Duj.
- 1/2 *Ceratium gibberum*, Gourt.
- 1 *Ceratium massiliense*, Gourt.
- 1/2 *Ceratium reticulatum* (Pouchet), Cleve.
- 1/2 *Peridinium divergens*, Ehr.

N° 20. — 16 septembre 1910. Embouchure de la Loire.
T. air 16°,6 ; T. eau 16°,1.

Le fond de nature sableuse est à 25 mètres.

Le plancton est riche en crustacés et surtout en *Noctiluca miliaris*, son aspect est floconneux à cause de l'abondance du *Bacteriastrum varians* ; les Péridiniens sont rares.

DIATOMACÉES.

- 1/2 *Bacteriastrum Solitarium* nov. sp.
- 6 *Bacteriastrum varians*, Lauder.
- 1 *Biddulphia mobiliensis* Bail.
- 1 *Chaetoceros contortus*, Schütt.
- 2 *Chaetoceros curvisetus*, Cleve.
- 3 *Chaetoceros danicus*, Cleve.
- 1 *Chaetoceros decipiens*, Cleve.
- 2 *Chaetoceros densus*, Cleve.
- 1 *Chaetoceros didymus*, Ehr.
- 1/2 *Chaetoceros imbricatus*, nov. sp.
- 2 *Chaetoceros pseudo-curvisetus*, Mangin.
- 1 *Chaetoceros teres*, Cleve.
- 1/2 *Coscinodiscus Oculus-Iridis*, Ehr.
- 1/2 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
- 3 + *Ditylium Brightwellii* (West), Grun.
- 1 *Eucampia Zodiaca*, Ehr.
- 1 *Guinardia flaccida* (Castr.), Perag.
- 2 *Lauderia annulata*, Cleve.
- 1/2 *Leptocylindrus danicus*, Cleve.
- 1/2 *Lithodesmium undulatum*, Ehr.
- 1/2 *Nitzschia Closterium*, W. Sm.
- 1/2 *Nitzschia seriata*, Cleve.
- 4 *Rhizosolenia alata*, Btw.
- 1 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
- 1 *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, Cleve.
- 1 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
- 3 *Rhizosolenia Stolterfothii*, Perag.

PÉRIDINIALES.

- 1/2 *Ceratium Fusus* (Ehr.), Duj.
- 1/2 *Ceratium tripos* (O. F. M.), Nitzsch.
- 1/2 *Peridinopsis assymetrica*, nov. sp.
- 1 *Peridinium depressum*, Bail.
- 1/2 *Peridinium divergens*, Ehr.
- 1/2 *Peridinium Steinii*, Jörg.
- 3 *Prorocentrum micans*, Ehr.

- 2 *Rhizosolenia setigera*, Btw.
 1/2 *Rhizosolenia styliiformis*, Btw.
 1/2 *Skeletonema costatum* (Grev.), Cleve.
 1/2 *Stephanopyxis Turris* (Grev.), Ralfs.
 1/2 *Thalassiosira gravida*, Cleve.

N° 21. — 17 Septembre 1909. Large de Belle-Ile. Midi.
 T. air, 19°₂; T. eau, 19°.

Le fond, vaseux, est à 102 mètres.

Le dépôt recueilli, assez abondant, se présentait sous l'aspect d'un sédiment très fin. Étendue d'eau, la plus grande partie du précipité s'est dissoute et le résidu conservé après lavage représente environ le dixième du volume du dépôt primitif. Il constitue un plancton, très peu abondant, surtout constitué par des particules amorphes inertes.

Cette pêche est intéressante, car elle montre à quelles erreurs on peut être conduit en appréciant la valeur nutritive du plancton par la mesure du volume précipité par l'alcool. Les organismes sont rares et peu nombreux comme l'indique la courte liste suivante :

DIATOMACÉES.

- 1/2 *Coscinodiscus Oculus-Iridis*, Ehr.

PÉRIDINIALES.

- 1/2 *Ceratium Fusus* (Ehr.), Duj.

N° 22. — 17 Septembre 1909. Parage de Belle-Ile. 4 heures soir.
 T. air, 18°₈; T. eau, 16°₅.

Le fond, constitué par des coquilles brisées, est à 27 mètres.

DIATOMACÉES.

- 1 *Bacteriastrum Solitarium*, nov. sp. (avec spores).
 6 *Bacteriastrum varians* (avec spores); Lauder.
 1 *Biddulphia mobiliensis*, Bail.
 1/2 *Chaetoceros anastomosans*, Grun.
 1 *Chaetoceros contortus*, Schütt.
 2 *Chaetoceros curvisetus*, Cleve.
 3 *Chaetoceros danicus*, Cleve.
 2 *Chaetoceros decipiens*, Cleve.
 1 *Chaetoceros difficile*, Cleve.
 1/2 *Chaetoceros constrictus*, Gran.
 2 *Chaetoceros densus*, Cleve.
 3 *Chaetoceros didymus* (avec spores).
 1/2 *Chaetoceros didymus* var. *longicruris*; Cleve.
 1/2 *Chaetoceros imbricatus*, nov. sp.
 1/2 *Chaetoceros pelagicus*, Cleve.
 1/2 *Chaetoceros peruvianus*, Btw.
 2 *Chaetoceros pseudo-curvisetus*; Mangin.
 1 *Chaetoceros Schüttii*, Cleve.
 1/2 *Chaetoceros socialis*, Lauder.
 1 *Chaetoceros teres*, Cleve.
 1 *Chaetoceros Weissflogii*, Schütt.

PÉRIDINIALES.

- 1/2 *Ceratium Candelabrum* (Ehr.); Stein.
 1 *Ceratium Furca* (Ehr.), Duj.
 1 *Dinophysis acuta*, Ehr.
 1/2 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
 1/2 *Dinophysis Ovum*, Schütt.
 1/2 *Gonyaulax spinifera* (Clap. Lach.), Dies.
 1 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
 1/2 *Peridinium breve*, Pauls.
 1/2 *Peridinium Cerasus*, Pauls.
 2 *Peridinium depressum*, Bail.
 2 *Peridinium divergens*, Ehr.
 1/2 *Peridinium excentricum*, Pauls.
 2 *Peridinium macrospinum*, nov. sp.
 1 *Peridinium ovatum* (Pouch.), Schütt. Individus souvent dépourvus de pointes dans la région antapicale.
 1 *Peridinium pedunculatum*, Schütt.
 2 *Peridinium pentagonum*, Gran.
 1/2 *Phalacroma minutum*, Cleve.
 1/2 *Pyrophacus horologium*, Stein.
 1 *Prorocentrum micans*, Ehr.

- 1/2 *Dactyliosolen tenuis* (avec parasites), Cleve.
 1 *Ditylium Brightwellii* (West.), Grun.
 1 *Eucampia Zodiacus*, Ehr.
 1/2 *Guinardia flaccida* (Castr.), Perag.
 1 *Lauderia annulata*, Cleve.
 2 *Leptocylindrus danicus*, Cleve.
 1/2 *Nitzschia Closterium*, W. Sm.
 1 *Nitzschia seriata*, Cleve.
 5 *Rhizosolenia alata*, Btw.
 1 *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, Cleve.
 1/2 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
 1/2 *Rhizosolenia semispina* Hensen.
 1 *Rhizosolenia setigera*, Btw.
 1 *Rhizosolenia Stolterfothii*, Perag.
 1 *Rhizosolenia styliiformis*, Btw.
 1 *Skeletonema costatum* (Grev.), Cleve.
 1/2 *Thalassiosira gravida*, Cleve.
 1/2 *Thalassiothrix nitzschiioides*, Gran.

On trouve de nombreux kystes de Péridiniens.

N° 23. — 18 Septembre, 7 h. 20 matin. Baie de Quiberon.

T. air, 17°; T. eau, 16°5.

Le fond, constitué par de la vase, est à 17 mètres. Le phytoplancton est très peu abondant, mais il renferme un assez grand nombre d'espèces variées.

DIATOMACÉES.

- 3 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
 1 *Chaetoceros densus*, Cleve.
 1 *Ditylium Brightwellii* (West.), Grun.
 1 *Eucampia Zodiacus*, Ehr.
 2 *Guinardia flaccida* (Castr.), Perag.
 3 *Rhizosolenia alata*, Btw.
 1 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
 1 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
 3 *Rhizosolenia Stolterfothii*, Perag.

PÉRIDINIALES.

- 1/2 *Ceratium Candelabrum* (Ehr.), Stein.
 1/2 *Ceratium declinatum*, Karst.
 2 *Ceratium Furca* (Ehr.), Duj.
 2 *Ceratium Fusus* (Ehr.), Duj.
 1/2 *Ceratium gibberum*, Gourr.
 1/2 *Ceratium setaceum* ? Jörg.
 1/2 *Dinophysis acuta*, Ehr.
 1/2 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
 1/2 *Goniodoma polyedricum* (Pouch.), Jörg.
 1/2 *Gonyaulax spinifera* (Clap. Lachm.), Dies.
 1 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
 1/2 *Peridinium Cerasus*, Pauls.
 1 *Peridinium crassipes*, Kof.
 1/2 *Peridinium depressum*, Bail.
 1 *Peridinium divergens*, Ehr.
 2 *Peridinium macrospinum*, nov. sp.
 1/2 *Peridinium oceanicum*, Vanh.
 1 *Peridinium ovatum* (Pouch.), Schütt.
 1/2 *Peridinium pellucidum* (Bergh.), Schütt.
 1/2 *Peridinium pentagonum*, Gran.
 1/2 *Peridinium punctulatum*, Pauls.
 1 *Prorocentrum micans*, Ehr.

N° 24. — 18 Septembre, 9 heures matin. Passage de la Teignouse, entre Belle-Ile et Quiberon.

T. air, 17° 8 ; T. eau, 16°.

Le fond, constitué par du sable grossier, est à 33 mètres.

DIATOMACÉES.

- 1 *Bacteriastrum Solitarium*, nov. sp.
- 6 *Bacteriastrum varians*, Lauder.
- 3 *Biddulphia mobiliensis* Bail.
- 1 *Cerataulina Bergonii*, Perag.
- 1 *Chætoceros constrictus*, Gran.
- 4 *Chætoceros curvisetus*, Cleve.
- 1 *Chætoceros danicus*, Cleve.
- 2 *Chætoceros decipiens*, Cleve.
- 3 *Chætoceros densus*, Cleve.
- 3 *Chætoceros didymus*, Ehr.
- 4 *Chætoceros pseudo-curvisetus*, Mangin.
- 1 *Chætoceros Schuttii*, Cleve.
- 4 *Chætoceros socialis*, Lauder.
- 2 *Chætoceros teres*, Cleve.
- 3 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
- 1 *Coscinodiscus Oculus-Iridis*, Ehr.
- 4 *Ditylium Brightwellii* (West.), Grun.
- 2 *Eucampia Zodiacus*, Ehr.
- 1 *Guinardia flaccida* (Castr.), Perag.
- 1/2 *Hyalodiscus stelliger*, Bail.
- 1 + *Lauderia annulata*, Cleve.
- 1 *Nitzschia seriata*, Cleve.
- 5 *Rhizosolenia alata*, Btw.
- 2 + *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
- 2 + *Rhizosolenia robusta*, Norm.
- 1 *Rhizosolenia setigera*, Btw.
- 4 *Rhizosolenia Stollterfothii*, Perag.
- 2 *Stephanopyxis Turris* (Grev.), Ralfs.
- 1 *Thalassiosira gravida*, Cleve.

PÉRIDINIALES.

- 1/2 *Ceratium Furca* (Ehr.), Duj.
- 1/2 *Ceratium gibberum*, Gourr.
- 1/2 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
- 1/2 *Gonyaulax spinifera* (Clap. Lachm.), Dies.
- 1 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
- 1 *Peridinium depressum*, Bail.
- 1 *Peridinium macrospinum*, nov. sp.
- 1 *Peridinium oceanicum*, Vanh.
- 1 *Peridinium Steinii*, Jörg.

N° 25. — 18 Septembre, 11 h. 15 matin. Parages de Lorient.

T. air, 18° ; T. eau, 16°.

Le fond, constitué par du sable grossier, est à 25 mètres.

DIATOMACÉES.

- 2 *Bacteriastrum varians*, Lauder.
- 1/2 *Chætoceros adherens*, nov. sp.
- 1/2 *Chætoceros decipiens*, Cleve.
- 3 *Chætoceros densus*, Cleve.
- 1 *Chætoceros Glandazi*, Mangin.
- 1/2 *Chætoceros pseudo-curvisetus*, Mangin.
- 1/2 *Chætoceros Schuttii*, Cleve.

PÉRIDINIALES.

- 1/2 *Ceratium gibberum*, Gourr.
- 1/2 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
- 2 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
- 1 *Peridinium crassipes*, Kof.
- 1 *Peridinium Globulus*, Stein.
- 1 *Peridinium ovatum* (Pouch.), Schütt : dépourvu de pointes antapicales.

- 3 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
- 3 *Ditylium Brightwellii* (West), Grun.
- 5 *Eucampia Zodiacus*, Ehr.
- 1 *Guinardia flaccida* (Castr.), Perag.
- 2 *Lauderia annulata*, Cleve.
- 1 *Leptocylindrus danicus*, Cleve.
- 1 *Navicula*, sp.
- 1 *Pleurosigma*, sp.
- 1 *Rhabdonema arcuatum* (Lyngb.), Kuetz.
- 6 *Rhizosolenia alata*, Btw.
- 3 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
- 6 *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, Cleve.
- 2 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
- 6 *Rhizosolenia Stollerfothii*, Perag.
- 2 *Rhizosolenia styliiformis*, Btw.
- 2 *Stephanopyxis Turris* (Grev.), Ralfs.
- 1 *Thalassiosira gravida*, Cleve.

1/2 *Peridinium punctulatum*, Pauls.

N° 26. — 19 Septembre, 8 h. 45 matin. Entre Lorient et Concarneau.
T. air, 16°; T. eau, 16°.

Le fond, constitué par des coquilles brisées, est à 20 mètres.

DIATOMACÉES.

- 3 *Bacteriastrum varians*, Lauder.
- 1 *Biadulphia mobiliensis*, Bail.
- 1 *Chaetoceros constrictus*, Gran.
- 1/2 *Chaetoceros contortus*, Schütt.
- 3 *Chaetoceros curvisetus*, Cleve.
- 1 *Chaetoceros danicus*, Cleve.
- 3 *Chaetoceros decipiens*, Cleve.
- 1 *Chaetoceros densus*, Cleve.
- 1 *Chaetoceros didymus*, Ehr.
- 1 *Chaetoceros Glandazi*, Mangin.
- 1/2 *Chaetoceros imbricatus*, nov. sp.
- 1 *Chaetoceros socialis*, Lauder.
- 1 *Chaetoceros Schuttii*, Cleve.
- 3 *Chaetoceros pseudo-curvisetus*, Mangin.
- 1 *Chaetoceros teres*, Cleve.
- 1 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
- 1 *Dactyliosolen tenuis*, Cleve.
- 3 + *Ditylium Brightwellii* (West.), Grun.
- 5 *Eucampia Zodiacus*, Ehr.
- 1 *Guinardia flaccida* (Castr.), Perag.
- 1 + *Lauderia annulata*, Cleve.
- 1 *Leptocylindrus danicus*, Cleve.
- 1 *Melosira Borreri*, Grev.
- 1 *Nitzschia Closterium*, W. Sm.
- 1 *Nitzschia seriata*, Cleve.

PÉRIDINIALES.

- 1/2 *Ceratium tripos* f. *lineata*, Lohm.
- 1/2 *Ceratium Fusus* (Ehr.), Duj.
- 1/2 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
- 1/2 *Dinophysis Ovum*, Schütt.
- 2 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
- 1/2 *Peridinium Cerasus*, Pauls.
- 1 *Peridinium crassipes*, Kof.
- 1 *Peridinium punctulatum*, Pauls.
- 1 *Peridinium pentagonum*, var. *spinulosum*, nov. v.

- 2 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
 6 *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, Cleve.
 1 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
 1 *Rhizosolenia setigera*, Btw.
 2 + *Rhizosolenia styliiformis*, Btw.
 5 *Rhizosolenia Stollerfothii*, Perag.
 1 *Stephanopyxis Turris* (Grev.), Ralfs.
 1 *Thalassiosira gravis*, Cleve.
 1 *Thalassiothrix nitzschoides*, Grun.

N° 27. — 19 Septembre, 9 h. 15 matin. Entre Lorient et Concarneau, le long de la côte.
 T. air, 17°; T. eau, 16°.

Le fond, de sable gris, est à 32 mètres.

DIATOMACÉES.

- 2 *Bacteriastrum varians*, Lauder.
 1 *Cerataulina Bergonii*, Perag.
 1 *Chaetoceros decipiens*, Cleve.
 1 *Chaetoceros densus*, Cleve.
 1 *Chaetoceros Glandazi*, Mangin.
 1 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
 2 *Ditylium Brightwellii* (West.), Grun.
 5 *Eucampia Zodiacus*, Ehr.
 1 *Guinardia flaccida* (Castr.), Perag.
 1 *Lauderia annulata*, Cleve.
 1 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
 4 *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, Cleve.
 1 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
 1/2 *Rhizosolenia setigera*, Btw.
 5 *Rhizosolenia Stollerfothii*, Perag.
 2 *Stephanopyxis Turris* (Grev.), Ralfs.
 1 *Thalassiosira gravis*, Cleve.

PÉRIDINIALES.

- 1 *Dinophysis acuta*, Ehr.
 1 + *Dinophysis Homunculus*, Stein.
 1 *Dinophysis Ovum*, Schütt.
 1 *Dinophysis rotundata*, Clap. Lachm.
 1/2 *Glenodinium*, sp.
 2 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
 1 *Peridiniopsis assymetrica*, v. *sphaerica*, nov. v.
 1 *Peridinium crassipes*, Kof.
 1/2 *Peridinium depressum*, Bail.
 1 *Peridinium monospinum*, Pauls.
 3 *Peridinium punctulatum*, Pauls.
 1 *Peridinium Steinii*, Jörg.
 1 *Prorocentrum micans*, Ehr.
 1 *Protoceratium reticulatum* (Clap. Lachm.), Bütschlii.
 1 *Pyrophacus horologium*, Stein.

Le *Peridiniopsis assymetrica* présente la forme normale dont les dimensions oscillent entre les dimensions suivantes :

$$89 \times 55,5$$

$$82 \times 62$$

$$82 \times 53$$

$$\frac{DT}{DL} = 1,60$$

$$1,33$$

$$1,54$$

et une autre forme plus rare, presque entièrement sphérique, avec de plus petites dimensions :

$$62 \times 57$$

$$57 \times 57$$

$$57 \times 55,5$$

$$\frac{DT}{DL} = 1,08$$

$$1,00$$

$$1,02$$

On rencontre en outre des kystes assez nombreux de Péridiniens, de grande taille : $97 \mu \times 62 \mu$.

La disposition et le nombre des plaques est identique pour cette dernière forme à la forme normale.

N° 28. — 17 Septembre 1909, midi. Entre Lorient et Concarneau, le long de la côte.
T. air, 17°₃; T. eau, 16°₃.

Le fond, vaseux, est à 25 mètres. Plancton très peu abondant, très pauvre en Périidiniens.

DIATOMACÉES.	PÉRIDINIALES.
1/2 <i>Chaetoceros densus</i> , Cleve.	1 <i>Dinophysis Homunculus</i> , Stein.
1 <i>Coscinodiscus Granii</i> , Gough.	
1/2 <i>Coscinodiscus radiatus</i> , Ehr.	
1 <i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>corpulenta</i> , Cleve.	
4 <i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>gracillima</i> , Cleve.	
1/2 <i>Rhizosolenia robusta</i> , Norm. (fragments)	
1 <i>Rhizosolenia Stollerfothii</i> , Perag.	
1/2 <i>Stephanopyxis Turris</i> (Grev.), Ralfs (fragments).	

On trouve dans ce plancton un grand nombre de masses sphériques bleues dont la nature est indéfinie : elles sont constituées par une membrane homogène sans structure de 53 μ de diamètre et représentent peut-être des kystes.

N° 29. — 19 Septembre, 5 h. 15 soir. Entre Lorient et Concarneau, le long de la côte.
T. air, 17°₈; T. eau, 16°₁.

Le fond, vaseux, est à 15 mètres. Plancton riche en Crustacés et en Noctiluques. Périidiniens rares; masses sphériques bleues (kystes) abondantes.

DIATOMACÉES.	PÉRIDINIALES.
6 <i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>gracillima</i> , Cleve.	1/2 <i>Dinophysis Homunculus</i> , Stein.
2 <i>Rhizosolenia alata</i> f. <i>corpulenta</i> , Cleve.	1/2 <i>Dinophysis Ovum</i> , Schütt.
2 <i>Rhizosolenia Stollerfothii</i> , Perag.	1/2 <i>Peridinium divergens</i> , Ehr.
	1/2 <i>Prorocentrum micans</i> , Ehr.

N° 31. — 20 Septembre 1909, 7 h. 20 matin. Large de Concarneau.

Le dépôt recueilli, insignifiant, n'a pas offert de restes de plantes; il ne renfermait que des matériaux inertes.

N° 32. — 20 Septembre, midi. Large de Concarneau.
T. air, 16°₂; T. eau, 16°₅.

Le fond, vaseux, est à 100 mètres. Plancton riche en Crustacés et en Noctiluques, très pauvre en plantes.

DIATOMACÉES.	PÉRIDINIALES.
1/2 <i>Eucampia Zodiacus</i> , Ehr.	1/2 <i>Dinophysis acuta</i> , Ehr.
1/2 <i>Coscinodiscus Granii</i> , Gough.	1/2 <i>Dinophysis Homunculus</i> , Stein.
3 <i>Rhizosolenia alata</i> , Btw.	1 + <i>Peridiniopsis assymetrica</i> , nov. sp.
1/2 <i>Rhizosolenia Stollerfothii</i> , Perag.	1/2 <i>Peridinium divergens</i> , Ehr.
	1/2 <i>Peridinium monospinum</i> , Pauls.

Les *Peridiniopsis assymetrica* présentaient des individus de grande taille, le diamètre transversal dépassant 100 μ (102 μ).

N° 33. — 20 Septembre 1909, 2 h. 15 soir. Voisinage de Concarneau.

T. air, 15°2 ; T. eau, 16°.

Le fond, de sable fin, est à 42 mètres. Les Crustacés et surtout les Noctiluques dominant ; les Périдиниens sont toujours très rares.

DIATOMACÉES.

- 1 *Chaetoceros densus*, Cleve.
- 1 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
- 2 *Eucampia Zodiacus*, Ehr.
- 4 *Rhizosolenia alata*, Btw.
- 2 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
- 3 *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, Cleve.
- 1/2 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
- 1/2 *Rhizosolenia Stolterfothii*, Perag.
- 1/2 *Rhizosolenia styliiformis*, Btw.
- 1/2 *Stephanopyxis Turris*, (Grev.), Ralfs.

PÉRIDINIALES.

- 1 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
- 1 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
- 1 *Peridinium depressum*, Bail.

N° 34. — 20 Septembre, 4 h. 30 soir. Voisinage de Concarneau.

T. air, 15°8 ; T. eau, 16°.

Le fond, de coquilles brisées, est à 45 mètres.

DIATOMACÉES.

- 1 *Bacteriastrum varians*, Lauder.
- 1 *Chaetoceros densus*, Cleve.
- 2 + *Coscinodiscus Oculus-Iridis*, Ehr.
- 6 *Rhizosolenia alata*, Btw.
- 3 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
- 1 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
- 1/2 *Stephanopyxis Turris*, (Grev.), Ralfs.

PÉRIDINIALES.

- 1 *Ceratium tripos*, (O. F. M.) Nitzsch (fragments).
- 3 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
- 1 *Dinophysis Ovum*, Schütt.
- 3 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
- 3 *Peridinium divergens*, Ehr.
- 1 *Peridinium macrospinum*, nov. sp.
- 1 *Peridinium oceanicum*, Vanh.
- 1 *Pyrophacus horologium*, Stein.

Masses sphériques bleues (kystes) abondantes.

N° 35. — 21 Septembre 1909, 9 h. 45 matin. Penmarck.

T. air, 17° ; T. eau, 16°.

Le fond, de gros sable, est à 52 mètres.

DIATOMACÉES.

- 1 *Chaetoceros densus*, Cleve.
- 6 *Rhizosolenia alata*, Btw.
- 1 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
- 1 *Rhizosolenia delicatula*, Cleve.
- 1 *Rhizosolenia Stolterfothii*, Perag.

PÉRIDINIALES.

- 1 *Ceratium*, sp.
- 1 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
- 1 *Peridinium divergens*, Ehr.

N° 36. — 21 Septembre, 11 h. 15 matin. Baie d'Audierne.

T. air, 16°5 ; T. eau, 15°5.

Le fond, de sable, est à 38 mètres.

DIATOMACÉES.

- 1/2 *Chaetoceros densus*, Cleve.
 1/2 *Chaetoceros Glandazi*, Mangin.
 1/2 *Rhizosolenia alata* f. *corpulenta*, Cleve.
 6 *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, Cleve.
 1 *Rhizosolenia Stollerfothii*, Perag.

PÉRIDINIALES.

- 2 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
 1 *Dinophysis Ovum*, Schütt.
 1/2 *Dinophysis rotundata*, Clap. Lachm.
 2 *Glenodinium*, sp.
 1 *Peridinium divergens*, Ehr.
 1/2 *Prorocentrum micans*, Ehr.

Le plancton de cette pêche renfermait un grand nombre de Noctiluques, qui contenaient pour la plupart des organismes variés, parmi lesquels, et toujours en mélange, on rencontrait (fig. 3) :

1° Des corps sphériques à membrane possédant des réactions cellulosesiques ayant 12 à 13 μ de diamètre, les uns entiers, d'autres entr'ouverts par une scissure équatoriale de manière à former deux valves hémisphériques encore réunies entre elles par un de leurs bords, ou séparées et emprisonnant un contenu sphérique ;

2° Des *Glenodinium*, de tailles diverses, les plus petits ayant 18 \times 12 μ , les plus grands 26 \times 20 μ , vides ou emprisonnant une masse sphérique.



Fig. 3. — Groupes de masses sphériques déhiscentes par scissure équatoriale, toujours mélangées à des *Glenodinium* de tailles diverses.

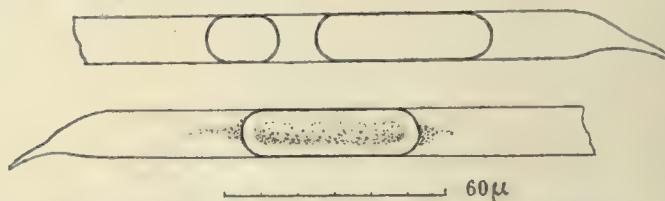


Fig. 4. — *Rhizosolenia alata* avec spores à membrane cellulésique.

Les formes sphériques, à déhiscence équatoriale, représentent-elles des kystes en train de germer, qui vont donner naissance aux *Glenodinium* ? Le fait n'est pas impossible, mais nous ne pouvons le vérifier.

Dans la même pêche, les *Rhizosolenia alata* renferment des spores cylindriques, trois à quatre fois plus longues que larges ; ces spores offrent la particularité curieuse d'avoir leur membrane colorée en bleu par l'azurine brillante (fig. 4). Ce caractère indique la présence de la cellulose dans la membrane, c'est un fait tout à fait exceptionnel chez les Diatomées où la cellulose est toujours absente de la membrane.

N° 37. — 21 Septembre, 1 h. 45 soir. Baie de Douarnenez.

T. air, 15° ; T. eau, 14°5.

Le fond, de sable fin, est à 43 mètres.

DIATOMACÉES.

- 1 *Chaetoceros decipiens*, Cleve.
 1 *Chaetoceros densus*, Cleve.
 1/2 *Chaetoceros curvisetus*, Cleve.
 1 *Chaetoceros teres*, Cleve.

PÉRIDINIALES.

- 1/2 *Blepharocysta Splendor-Maris*, Ehr.
 1/2 *Ceratium gibberum*, Goult.
 1/2 *Dinophysis acuta*, Ehr.
 1 *Dinophysis Homunculus*, Stein.

1/2 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
 3+ *Eucampia Zodiacus*, Ehr.
 3 *Guinardia flaccida* (Castr.), Perag.
 1 *Lauderia annulata*, Cleve.
 1 *Rhizosolenia alata*, Btw.
 6 *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, Cleve.
 4 *Rhizosolenia Stollerfothii*, Perag.
 1/2 *Thalassiosira gravida*, Cleve.
 1/2 *Stephanopyxis Turris* (Grev.), Ralfs.

1 *Glenodinium*, sp.
 1 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
 1 *Peridinium crassipes*, Kof.
 1 *Peridinium depressum*, Bail.
 1/2 *Peridinium oceanicum*, Vanh.
 1/2 *Peridinium subinermis*, Pauls.
 1/2 *Prorocentrum micans*, Ehr.

Les Noctiluques, très abondants dans cette pêche, renferment les mêmes organismes que nous avons signalés dans la pêche précédente ; en outre, chez beaucoup d'individus, on trouve des colonies de *Rhizosolenia Stollerfothii*.

N° 38. — 21 Septembre, 3 h. 25 soir. Baie de Douarnenez.

T. air, 15° 8 ; T. eau, 16°.

Le fond, sableux, est à 34 mètres.

Le plancton présente l'aspect d'un précipité très fin qui communique au liquide, quand il est en suspension, une teinte opaline. Lavé à l'eau, une partie se dissout et la masse qui reste est réduite de moitié ; la teinte opaline a disparu. Le plancton est d'ailleurs assez pauvre.

DIATOMACÉES.

1/2 *Chaetoceros decipiens*, Cleve.
 1/2 *Chaetoceros densus*, Cleve.
 1 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
 1/2 *Eucampia Zodiacus*, Ehr.
 2 *Rhizosolenia alata*, Btw.
 3 *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, Cleve.
 1 *Rhizosolenia Stollerfothii*, Perag.

PÉRIDINIALES.

1/2 *Ceratium*, sp.
 1 *Peridinium divergens*, Ehr.
 1/2 *Dinophysis Homunculus*, Stein.

N° 39. — 21 septembre, 4 h. 45. Baie de Douarnenez.

T. air, 15° 9 ; T. eau, 16° 1.

Le fond, sableux, est à 26 mètres.

DIATOMACÉES.

1/2 *Bacteriastrium varians*, Lauder.
 1/2 *Chaetoceros adherens*, nov. sp.
 1 *Chaetoceros decipiens*, Cleve.
 1 *Chaetoceros densus*, Cleve.
 1/2 *Chaetoceros didymus*, Ehr.
 1/2 *Chaetoceros didymus*, var. *longicruris*, Cleve.
 1/2 *Chaetoceros imbricatus*, nov. sp.
 1/2 *Chaetoceros pelagicus*, Cleve.
 1/2 *Chaetoceros peruvianus*, Btw.
 1/2 *Chaetoceros Schuttii*, Cleve.
 1/2 *Coscinodiscus Oculus-Iridis*, Ehr.
 1/2 *Coscinodiscus Granii*, Gough.

PÉRIDINIALES.

1/2 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
 1/2 *Dinophysis Ovum*, Schütt.
 1/2 *Peridinium divergens*, Ehr.

- 1 *Ditylium Brightwellii* (West.), Grun.
- 2 *Eucampia Zodiacus*, Ehr.
- 1/2 *Leptocylindrus danicus*, Cleve.
- 1/2 *Nitzschia seriata*, Cleve.
- 3 *Rhizosolenia alata*, Btw.
- 6 *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, Cleve.
- 1 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
- 3 *Rhizosolenia Stolterfothii*, Perag.

Dans cette pêche, où dominent les Noctiluques, les Péridiniens sont rares, mais les *Chaetoceros* sont variés; presque tous en voie de développement, ils se présentent à l'état d'individus isolés ou de chaînes à deux ou quatre cellules; le *Rhizosolenia alata* f. *gracillima* présente de nombreuses formes en pipette.

N° 40. — 22 Septembre. Baie de Douarnenez.

T. air, 15°; T. eau, 16°.

Le fond, de sable fin, est à 19 mètres.

Plancton très riche en Crustacés et en Noctiluques.

DIATOMACÉES.

- 1 *Chaetoceros decipiens*, Cleve.
- 1 *Chaetoceros densus*, Cleve.
- 1 *Chaetoceros didymus*, Ehr.
- 1/2 *Chaetoceros teres*, Cleve.
- 2 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
- 1/2 *Coscinodiscus radiatus*, Ehr.
- 5 *Eucampia Zodiacus*, Ehr.
- 3 *Rhizosolenia alata*, Btw.
- 5 *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, Cleve.
- 1 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
- 2 *Rhizosolenia Stolterfothii*, Perag.
- 1/2 *Thalassiosira gravis*, Cleve.

PÉRIDINIALES.

- 1/2 *Ceratium massiliense*, Gourr.
- 1 *Ceratium*, sp.
- 1/2 *Dinophysis acuta*, Ehr.
- 1/2 *Dinophysis hastata*, Schütt.
- 1 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
- 1/2 *Dinophysis Ovum*, Schütt.
- 1/2 *Gonyaulax polygramma*, Stein.
- 1/2 *Gonyaulax spinifera* (Clap. Lachm.), Dies.
- 1/2 *Peridinium Cerasus*, Pauls.
- 1/2 *Peridinium crassipes*, Kof.
- 3 *Peridinium depressum*, Bail.
- 1 *Peridinium divergens*, Ehr.
- 1/2 *Peridinium Globulus*, Stein.
- 1/2 *Peridinium monospinum*, Pauls.
- 2 *Peridinium oceanicum*, Vanh.
- 1/2 *Peridinium pentagonum* var. *spinulosum*, nov. v.
- 1 *Peridinium subinermis*, Pauls.
- 1/2 *Pyrophacus horologium*, Stein.

Dans cette pêche, j'ai rapporté au *P. pentagonum*, comme variété, une forme à sutures étroites, dont les plaques, fortement colorées en bleu, sont couvertes de ponctuations orientées de manière à former, soit des réseaux à larges mailles, soit des lignes divergentes; ces dernières couvrent les plaques équatoriales et donnent à l'ensemble un aspect très différent du *P. pentagonum* normal où les plaques sont lisses (voir p. 29, fig. 17).

D'autre part, on rencontre un *Peridinium* de forme sphérique à bec apical court, pourvu de deux longues épines de 10 μ environ. Cete forme possède des sutures larges striées; on pourrait la rapprocher de *P. Cerasus*.

N° 41. — 22 Septembre, 9 h. 15 matin. Baie de Douarnenez.

T. air, 16°; T. eau, 16°,2.

Le fond, formé par des coquilles brisées, est à 21 mètres.

DIATOMACÉES.

- 1/2 *Chaetoceros densus*, Cleve.
- 1/2 *Chaetoceros didymus*, var. *longicruris*, Cleve.
- 2 *Coscinodiscus Oculus-Iridis*, Ehr.
- 1 *Ditylium Brightwellii* (West.), Grun.
- 1 *Eucampia Zodiacus*, Ehr.
- 1/2 *Pleurosigma*, sp.
- 3 *Rhizosolenia alata*, Btw.
- 6 *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, Cleve.
- 1 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
- 3 *Rhizosolenia Stolterfothii*, Perag.

PÉRIDINIALES.

- 1 *Ceratium gibberum*, Gouit.
- 1/2 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
- 1/2 *Dinophysis Ovum*, Schütt.
- 1 *Peridinium divergens*, Ehr.
- 1 *Peridinium oceanicum*, Vanh.
- 1/2 *Pyrophacus horologium*, Stein.

N° 45. — 23 Septembre 1909, 9 h. 35 matin. Baie de Douarnenez.

T. air, 26°; T. eau, 25°.

Le fond est à 35 mètres.

DIATOMACÉES.

- 2 *Chaetoceros decipiens*, Cleve.
- 1 *Chaetoceros densus*, Cleve.
- 1/2 *Chaetoceros didymus*, var. *longicruris*, Cleve.
- 1/2 *Chaetoceros Glandazi*, Mangin.
- 1/2 *Chaetoceros imbricatus*, nov. sp.
- 1/2 *Chaetoceros pelagicus*, Cleve.
- 1/2 *Chaetoceros peruvianus*, Btw.
- 1 *Chaetoceros Schüttii*, Cleve.
- 1 *Coscinodiscus Granii*, Gough.
- 1 *Coscinodiscus Oculus-Iridis*, Ehr.
- 1/2 *Cosconodiscus radiatus*, Ehr.
- 1 *Ditylium Brightwellii* (West.), Grun.
- 2 *Eucampia Zodiacus*, Ehr.
- 1 *Melosira Borreri*, Grev.
- 3 *Rhizosolenia alata*, Btw.
- 5 *Rhizosolenia alata* f. *gracillima*, Cleve.
- 1 *Rhizosolenia robusta*, Norm.
- 2 *Rhizosolenia Stolterfothii*, Perag.

PÉRIDINIALES.

- 1/2 *Ceratium declinatum*, Karst.
- 1/2 *Ceratium Fusus* (Ehr.), Dujard.
- 1/2 *Ceratium tripos* f. *lineata*, Lohm.
- 1 *Dinophysis acuta*, Ehr.
- 1 *Dinophysis Homunculus*, Stein.
- 1 *Dinophysis Ovum*, Schütt.
- 1 *Gonyaulax polygramma*, Stein.
- 2 *Peridiniopsis assymetrica*, nov. sp.
- 1 *Peridinium crassipes*, Kof.
- 2 *Peridinium depressum*, Bail.
- 1 *Peridinium divergens*, Ehr.
- 3 *Peridinium oceanicum*, Vanh.
- 2 *Pyrophacus horologium*, Stein.

DEUXIÈME PARTIE

OBSERVATIONS GÉNÉRALES

L'absence de données d'ensemble sur le plancton des côtes atlantiques de France ne nous permettra pas de comparer nos résultats avec ceux des auteurs qui ont signalé çà et là, au hasard d'observations faites sans ordre, quelques faits particuliers. Cette partie de notre travail sera donc très simplifiée.

D'autre part, nous avons pu recueillir sur les espèces récoltées un certain nombre de données nouvelles, et nous nous proposons de les exposer en passant en revue les différents groupes représentés dans les pêches de la croisière du *René*.

Pour la commodité de l'exposition, il nous paraît utile de diviser le parcours de la croisière en trois régions : 1° la région des Sables d'Olonne et de l'Ile d'Yeu, pêches 6 à 17 ; 2° la région de l'embouchure de la Loire à la rivière de Lorient, pêches 19 à 27 ; 3° enfin, la région qui s'étend depuis la rivière de Lorient jusqu'à la baie de Douarnenez, pêches 28 à 45.

Il est facile de constater, en examinant les tableaux de répartition des espèces, que cette distinction est imposée, par leur groupement en 1908, du 9 au 28 septembre.

PÉRIDINIALES.

Les Péridiniales ont une répartition toute spéciale dans les diverses stations. Ils sont très variés comme espèces et nombreux comme individus aux environs des Sables d'Olonne et près de l'Ile d'Yeu, c'est-à-dire dans la première région. Là, le genre *Ceratium* domine surtout avec *C. Candelabrum* et *C. gibberum*, puis viennent les *C. massiliense* et le *C. reticulatum*. Dans le genre *Peridinium*, le *P. depressum*, le *P. divergens* et le *P. oceanicum* dominent.

A partir de Belle-Ile et jusqu'à la baie de Concarneau, les *Ceratium* manquent, sauf dans la baie de Quiberon ; les *Peridinium* sont aussi plus rares, mais le *Peridiniopsis asymetrica* devient abondant. A partir de Penmarck jusqu'à la baie de Douarnenez, les *Ceratium* manquent entièrement ; certains *Peridinium* se montrent çà et là assez abondants : *P. depressum*, *P. divergens*, *P. oceanicum*. Enfin *Dinophysis Homunculus* se montre constamment, souvent associé au *Dinophysis Ovum*.

Ceratium. — Les espèces du genre *Ceratium*, surtout cantonnées autour des Sables d'Olonne et de l'Ile d'Yeu, sont parmi les plus répandues : *C. Candelabrum*, *C. gibberum*, puis viennent ensuite *C. reticulatum* et *C. massiliense*.

CERATIUM CANDELABRUM (Ehr.), Stein. — Les individus de cette espèce se rapprochent davantage par leur corps déprimé et la largeur au niveau de la gouttière transversale (90 à 100 μ) de la variété *dilatatum* ; mais les cornes sont très inégales. Comme je le représente dans la figure 5, il existe, dans les diverses pêches aux environs des Sables d'Olonne, des individus à corne antérieure courte de 100 μ à peine, qui passent par de nombreux intermédiaires

aux individus à corne antérieure longue de 200 à 280 μ . Les cornes postérieures varient aussi, mais dans des proportions moindres. Les diverses formes que j'ai examinées démontrent une fois de plus le polymorphisme d'une espèce qui est très répandue dans les mers chaudes, mais qui est susceptible, comme on le voit, de remonter en grande abondance dans l'Atlantique tempéré par 46° latitude Nord : elle remonte même jusqu'à Quiberon où elle se rencontre rarement. On sait que, d'après Cleve (1), elle se rencontre encore à 50° N. ; Jørgensen la mentionne même jusque 57° N., près de Skagen (Danemark).

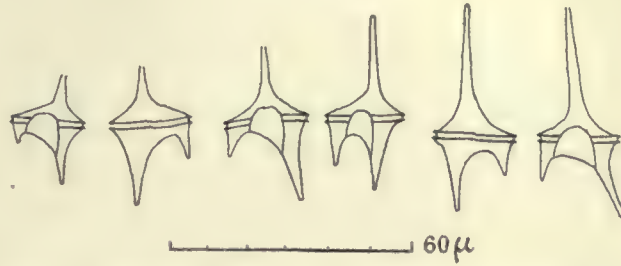


Fig. 5. — Formes diverses de *Ceratium Candelabrum* rencontrées isolément dans les pêches aux environs des Sables-d'Olonne.

CERATIUM GIBBERUM GOURRET. CERATIUM TRIPOS, V. MEGACERAS (Pouchet). CERATIUM TRIPOS, V. CURVICORNIS (Daday).

Cette espèce est dominante dans les parages des Sables d'Olonne et de l'Île de Ré par 46°50 N. Jørgensen (2) distingue avec le type la forme *sinistrum* Gourret et, d'après lui, c'est cette dernière forme qui domine dans les mers chaudes, d'où elle s'avance exceptionnelle, jusqu'à l'entrée de la Manche, à Ouessant, d'après Gough (3). La forme principale serait rare. Or, c'est précisément la forme principale que j'ai rencontrée en abondance, la forme *sinistrum* étant absente ; le *Ceratium gibberum* présente trois aspects différents (fig. 6) : la forme α , à corne apicale très courte (60 à 80 μ), presque toujours dépassée par les cornes antapicales plus ou moins égales et faiblement courbées ; la forme β , à corne apicale longue de 300 à 500 μ , ordinairement 350 μ , et à cornes antapicales de longueur moyenne, 200 à 250 μ (ces deux formes ont été déjà décrites et figurées, mais pour le *C. gibberum*, f. *sinistrum*) ; enfin la forme γ , à corne apicale longue, mais à cornes antapicales courtes ayant moins de 150 μ et parfois seulement 60 μ . J'avais cru d'abord que cette dernière forme était le *C. Schmidtii* Jörg.,

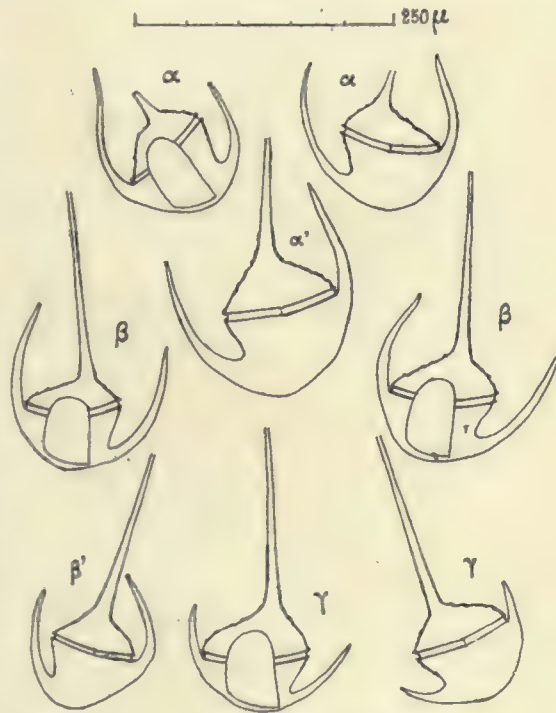


Fig. 6. — *Ceratium gibberum*.

α , β , γ , variations de la forme principale de cette espèce ; α' , forme intermédiaire entre α et β ; β' , forme intermédiaire entre β et γ .

(1) CLEVE, The seasonal distribution of Atlantic plankton organisms, 1901-1902.

(2) JØRGENSEN, Die Ceratien. Eine kurze Monographie der Gattung. *Ceratium* Schrank, 1911, p. 49.

(3) GOUGH, Report on the Plankton of the English Channel in 1903 (Reprinted from *International Investigations marine biological Association Report*, I, 1902-1903).

espèce très rare des mers chaudes; mais un examen approfondi m'a montré qu'à part l'exigüité des cornes antapicales, cette forme ne se distingue pas de la forme β . D'ailleurs elle offre dans certaines pêches (n° 8) des formes de passage à cette dernière par l'allongement plus considérable des cornes antapicales (fig. 6, β'). Par suite, le *Ceratium gibberum* Gourret nous offre une série de variations parallèles à celles qui ont été signalées pour la forme *sinistrum*. L'abondance de cette espèce à la latitude des Sables d'Olonne est un fait intéressant, puisque, même dans les mers chaudes où elle est largement répandue, elle ne se montre jamais en nombreux individus.

CERATIUM MASSILIENSE Gourret. — Cette espèce, extrêmement répandue et richement représentée dans toutes les mers chaudes, accompagne le *C. Candelabrum* et le *C. gibberum*, mais elle est moins commune (fig. 7).

La corne apicale, très longue, atteint 450 μ dans les formes que j'ai rencontrées, mais elle peut parfois demeurer assez courte (125 μ);



Fig. 7. — *Ceratium massiliense*, Gourret.

Montrant à droite une forme à corne apicale courte.

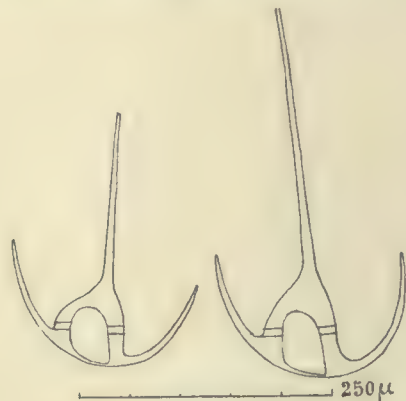


Fig. 8. — *Ceratium declinatum*.

les cornes antapicales atteignent 100 à 400 μ et sont parfois légèrement flexueuses.

CERATIUM DECLINATUM? — J'ai représenté (fig. 8) une forme qui est rare aux environs des Sables d'Olonne. Par son aspect général, elle ressemble exactement aux formes que Jörgensen désigne sous le nom de *C. declinatum* (1), mais ses dimensions sont notablement plus grandes; en effet, le *C. declinatum* est une petite espèce dont le diamètre au niveau de la ceinture transversale oscille entre 34 et 51 μ avec des dimensions ordinaires de 40 à 45 μ , tandis que les formes que j'ai rencontrées ont un diamètre de 70 à 75 μ .

J'avais été tenté de les rapprocher du *C. gracile* à cause de la robustesse de leur taille, mais la faible longueur des cornes antapicales les en éloigne très nettement. Si l'assimilation que je propose était admise, cela signifierait que la taille du *declinatum* peut

(1) JÖRGENSEN, *loc. cit.*, fig. 87-88.

varier suivant les régions dans des limites assez étendues ; ce ne serait pas d'ailleurs la première fois que le fait se produit.

Nous aurions encore là l'exemple d'une espèce de l'Atlantique sub-tropical (Açores, cap Vert) qui remonte jusqu'à 46° 50 Nord.

CERATIUM RETICULATUM. — Cette espèce, très bien caractérisée à cause de la réticulation de sa cuirasse, est comme on le sait, une espèce commune dans les mers chaudes ; mais elle remonte assez haut dans le Nord, car ses limites en latitude sont, d'après Cleve, 21° S. jusqu'au 50° N. et même 62° N. Elle se présente parfois avec des cornes antapicales très courtes et orientées de diverses manières. La figure 9 montre un certain nombre de formes de cette espèce qui, malgré l'exiguïté des cornes antapicales, correspond à l'espèce type et non aux variétés *contortum*, Lemm. et *spiralis* Kofoed. On voit que, dans certaines de ces formes, les cornes antapicales sont dissociées à leur extrémité. Le *C. reticulatum* (Pouch.) cl., espèce type, s'est montré exclusivement au voisinage des Sables d'Olonne, mais toujours rarement ; les variétés *contortum* et *spiralis* n'ont pas été observées.

Le *Ceratium macroceros* a une grande aire d'évolution en latitude, puisqu'il s'étend de 25° S. à 77° N. C'est une espèce de moyenne taille qui a des cornes longues et sensiblement égales. J'ai représenté parmi trois formes (fig. 10) une anomalie constituée par une dilatation en forme de ruban de la corne apicale ; les cornes antapicales sont aussi très longues et plus ou moins flexueuses.

Je signalerai un dernier groupe de formes grêles (fig. 11), dont la place, qui me paraît incertaine, serait au voisinage du

T. IV. — FASC. 1. — MANGIN.



Fig. 9. — *Ceratium reticulatum*, (Pouch.) Cleve.

Les individus *a* et *b* ont leurs cornes antapicales dissociées à l'extrémité, parce que la membrane est encore très jeune ; l'individu *c* a ses cornes antapicales encore plus jeunes et contournées irrégulièrement à cause de leur faible résistance ; l'individu *d* est réduit à une moitié de cuirasse.

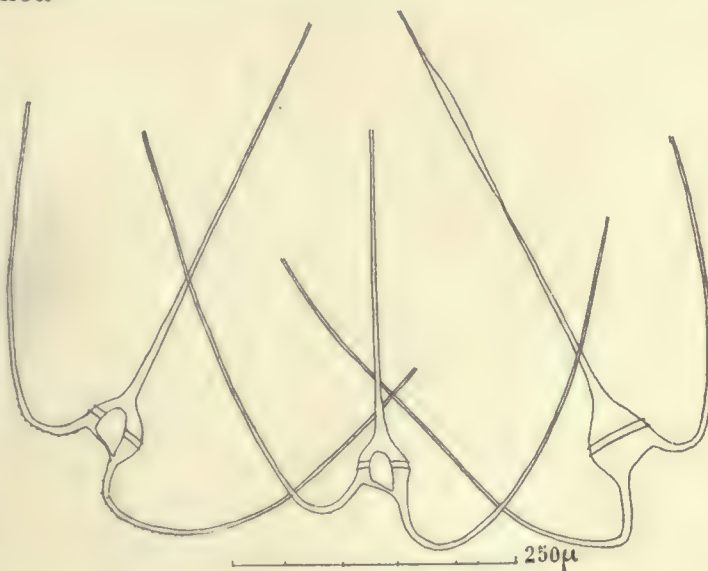


Fig. 10. — *Ceratium macroceros* (Ehr), Cleve.

L'individu placé à droite présente une dilatation de la corne apicale.

C. tenue f. *inclinatum* ou du *C. inflexum*, plus près de la première espèce que de la seconde; je représente un certain nombre de ces formes qui ont été rencontrées dans les pêches 8 et 11 où elles demeurent assez rares.



Fig. 11. — *Ceratium tenue*, Ost et Schm.

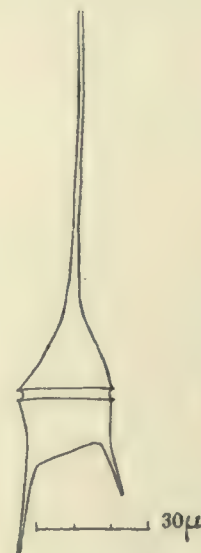


Fig. 12. — *Ceratium setaceum*, Jörg.

Enfin j'ai trouvé (fig. 12) dans la pêche 23 quelques exemplaires du *Ceratium setaceum* Jörg., que Jörgensen a signalé comme rare aux Açores et dans la région sud de l'Atlantique.

Si les formes de *Ceratium* sont nombreuses et variées dans la région des Sables d'Olonne, elles offrent encore un intérêt particulier, parce que beaucoup d'entre elles venaient de subir la division au moment de la pêche.

L'observation de ce fait, qui permet de préciser à une heure près le moment où s'effectue la division, s'explique, d'une part, parce que la moitié de cuirasse que chaque cellule sécrète après la division se distingue de la moitié ancienne par l'absence de sculptures et, d'autre part, comme Jörgensen l'a montré, que la partie jeune de la cuirasse acquiert très rapidement, souvent en moins d'une heure, les caractères de la moitié plus âgée. J'ai constaté les mêmes faits (1) sur le *Ceratium cornutum*; mais j'ai montré, en outre, que la partie jeune de la cuirasse fixe plus fortement les réactifs colorants de la cellulose que la partie vieille (voyez planche I, fig. 12). Il en résulte que, dans une préparation réalisée au moyen de ces colorants (acide iodhydrique iodé fumant, azurine brillante, etc.), les individus qui viennent de subir la division se distinguent au milieu des autres par leur teinte bigarrée.

C'est ainsi que, dans la pêche n° 6, exécutée à 5 heures 45 de l'après-midi, (17 h. 45), un grand nombre d'individus de *C. gibberum* étaient protégés par une moitié de cuirasse très récente (fig. 13). D'autre part, dans la pêche n° 17, exécutée à 2 heures 45 du soir (14 h. 45) entre l'Ile d'Yeu et Noirmoutier, les individus du *Ceratium reticulatum*

(1) L. MANGIN, A propos de la division chez certains Péridiniens (Extrait du volume publié en souvenir de Louis Olivier, 1911).

et du *C. massiliense* étaient aussi dans le même état (fig. 14). Pour le *Ceratium reticulatum* en particulier, la jeune cuirasse qui revêtait la région antapicale était si délicate qu'elle n'avait pas encore acquis la rigidité normale; aussi certains individus présentaient-ils des cornes antapicales plus ou moins fortement plissées et déformées (fig. 9, c). Ces observations

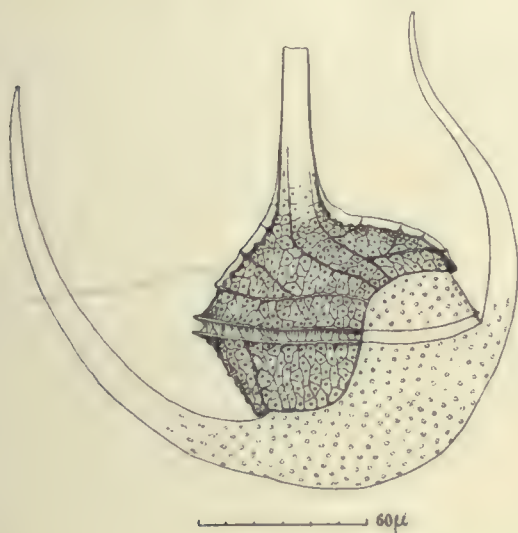


Fig. 13. — *Ceratium gibberum* (Gourret), venant de se diviser et présentant une jeune membrane dépourvue de sculptures, mais munie de pores (17h. 45).

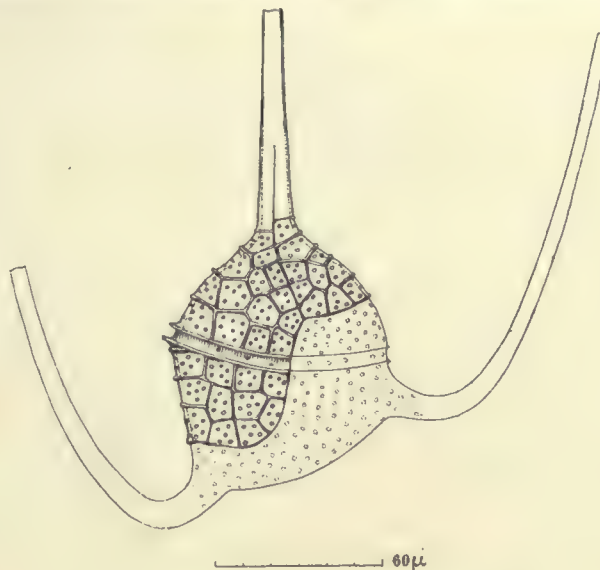


Fig. 14. — *Ceratium reticulatum*, (Pouch.) Cleve. Individu après la division avec une moitié de membrane très jeune, sans sculptures et munie de pores (14h. 45).

démontrent que la division, chez les *Ceratium*, n'est pas confinée à la période nocturne pendant laquelle les phénomènes de synthèse sont supprimés et qu'elle peut se produire suivant les espèces à des heures très variables de la journée.

Peridinium. — Le genre *Peridinium*, le mieux représenté après le genre *Ceratium*, renferme un certain nombre d'espèces parmi lesquelles les espèces dominantes sont *P. depressum*, *P. divergens*, *P. oceanicum*, *P. crassipes*; les autres, plus rares, peuvent exceptionnellement acquérir une certaine importance comme *P. pentagonum* (pêche 22) et dont la planche I (fig. 10 et 11) indique suffisamment les détails, *P. punctulatum* (pêche 27).

Je ne reviendrai pas sur les modifications de la structure dans la cuirasse, qui ont été décrites dans un autre recueil (1); j'insisterai seulement sur un phénomène singulier offert par le *P. pentagonum* et par quelques autres espèces. Dans un certain nombre de pêches, notamment dans les pêches n° 6, 8 et 11, le *P. pentagonum* présente plusieurs enveloppes (jusqu'à trois) emprisonnées l'une dans l'autre, et la dernière, la plus grande, protégée par la cuirasse normale.

C'est surtout dans la pêche n° 11 que se rencontrent en grand nombre les individus présentant cet aspect singulier.

(1) L. MANGIN, Modifications de la cuirasse chez quelques Pèridiniens (*Internat. Revue der Gesammt. Hydrobiologie und Hydrographie*, Bd. IV, 1911, p. 44).

La figure 15 montre un individu de *P. pentagonum* vu en coupe optique. On distingue, à l'intérieur de la cuirasse normale, une première enveloppe mince, plus ou moins étroitement appliquée contre la cuirasse dont elle épouse tous les reliefs et tous les creux ; puis une seconde, bien plus réduite et séparée de la précédente par un espace considérable : elle présente deux pointes antapicales très courtes ; on peut enfin observer une troisième membrane

qui tantôt rappelle encore la forme générale de la cuirasse, mais tantôt est plus ou moins ovoïde.

Les échantillons observés étant dépourvus de masse protoplasmique, il n'a pas été possible d'établir si les individus pourvus de ces enveloppes multiples étaient semblables aux individus normaux.

Il peut arriver que la cuirasse de chaque individu se désarticule et mette en liberté les membranes internes ; cette circonstance explique pourquoi, dans la pêche n° 6, par exemple, j'ai rencontré des exemplaires de *Peridinium pentagonum* d'une apparence tout à fait spéciale : ils avaient l'aspect de sacs plus ou moins fripés, sans pores ni orifices d'aucune sorte, et présentaient avec les deux gouttières de larges sutures striées, mais ces sacs étaient incapables de se désarticuler. Ils étaient vraisemblablement constitués par la première membrane interne tapissant la cuirasse.

J'ai observé des phénomènes de même nature dans la pêche n° 11, chez les *Peridinium punctulatum* et *pellucidum*. La formation de ces membranes est-elle provoquée par un état de souffrance de l'individu qui cherche à se protéger contre une influence nocive, ou représente-t-elle un début d'enkystement contrarié par des influences extérieures ? cela est difficile à discerner dans les pêches conservées au moyen du formol.

Au milieu des individus qui présentent ces formations tératologiques, on en trouve d'autres, notamment dans la pêche n° 11, où l'enkystement normal a commencé à se produire (fig. 16). Là, on constate que la même membrane cellulosique du kyste commence à s'épaissir par suite de la formation d'un revêtement interne de callose dont la présence est reconnaissable par la coloration rose que la membrane prend sous l'influence de la *rosazurine* G.

Parmi les espèces du genre *Peridinium*, je signalerai une forme voisine du *P. pentagonum*, mais distincte de celle-ci par les sculptures des plaques de la cuirasse. Chez le *P. pentagonum*, les plaques paraissent toujours lisses ; elles offrent

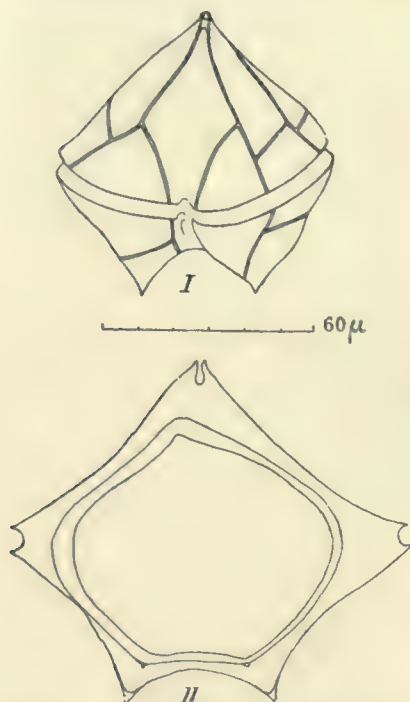


Fig. 15. — *Peridinium pentagonum*.

I, Individu vu par la face ventrale avec ses sutures étroites ; II, le même vu en coupe optique montrant les enveloppes successives formées à l'intérieur de la cuirasse.

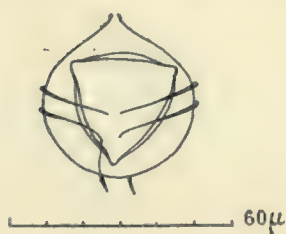


Fig. 16. — *Peridinium* sp.

Individu en voie d'enkystement normal, le kyste est ici à peu près régulièrement tétraédrique.

dans le jeune âge le réseau délicat que l'on observe chez un grand nombre d'espèces : ce réseau disparaît à l'âge adulte, et la membrane prend une teinte uniforme due à l'absence des sculptures ou des ponctuations si fréquentes chez d'autres espèces.

La variété, rare d'ailleurs, que j'ai rencontrée dans la pêche n° 40 (fig. 17 et pl. I, fig. 11), a des sutures minces; les plaques de la cuirasse, colorées en bleu foncé, sont couvertes de courtes épines serrées les unes contre les autres et dessinant dans les plaques apicales et antapicales un réseau plus ou moins régulier et, dans les plaques équatoriales, elles forment des files assez régulières divergeant vers les bords du sillon transversal. Ces épines donnent ainsi aux individus un aspect tout à fait particulier. Je proposerai de désigner cette forme sous le nom de *Peridinium pentagonum*, var. *spinulosum*.

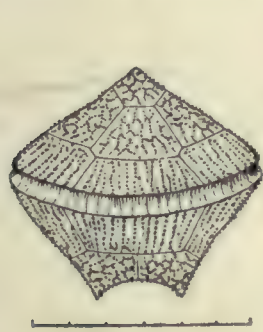


Fig. 17. — *Peridinium pentagonum*, var. *spinulosum*, vu par la face dorsale.

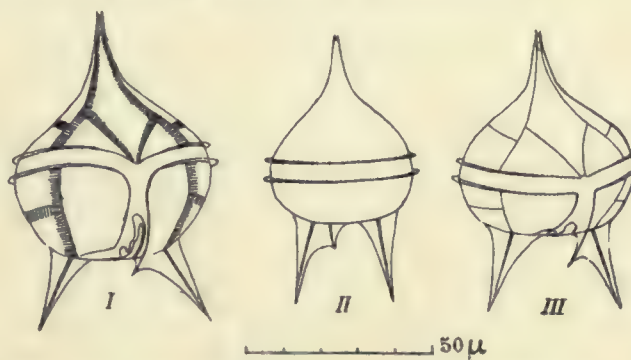


Fig. 18. — *Peridinium macrospinum*, nov. sp. I, Individu vu par la face ventrale avec des sutures larges striées; II, individu vu par la face dorsale; III, individu vu par la face ventrale avec des sutures étroites linéaires.

Semblable au type pour la forme générale. Diamètre longitudinal $62\ \mu$; diamètre transversal, $70\ \mu$. Plaques à sutures étroites ou striées, couvertes d'épines disposées en réseau ou en lignes divergentes.

Dans la section des Protopéridiniens, qui présentent ordinairement des épines antapicales pleines, ailées ou non, les espèces les plus représentées sont *Peridinium Steinii*, *P. pellucidum*, *P. pedunculatum*, *P. monospinum*, *P. Cerasus.*, etc.

PERIDINIUM MACROSPINUM, nov. sp. — A côté d'individus appartenant incontestablement au *P. Steinii*, j'ai rencontré à diverses reprises des formes voisines de ce dernier par la corne apicale disposée comme le col d'une carafe qui se détache graduellement de la panse, par les dimensions et la grandeur des épines antapicales; mais, tandis que, chez les *P. Steinii*, il n'existe que deux épines antapicales et que le bord gauche du sillon longitudinal se continue dans l'axe de l'épine ailée gauche, les formes que j'ai trouvées présentent trois épines antapicales, deux longues et une courte (fig. 18). En outre, le bord gauche du sillon antapical se continue dans l'épine plus courte et oblique, située en dedans de la grande épine gauche; cette épine plus courte est ailée, et ses ailes se rejoignent avec celles de la grande épine adjacente. Il y a donc ici trois épines ailées, une droite et deux gauches. Par ce caractère, les formes que je viens de signaler se rapprocheraient du groupe formé par

le *P. pellucidum* et le *P. pallidum* ; mais aucune de ces espèces ne possède d'épines antapicales aussi longues (de 10 à 20 et 22 μ). La longueur des épines distingue aussi ces formes du *P. Steinii* ; chez cette dernière espèce, le rapport entre le diamètre longitudinal (sans les épines) et la longueur des épines oscille entre 2, 3 et 5, d'après les données de Paulsen (1) et les dessins de Stein (2). Chez les formes qui nous occupent, le même rapport oscille entre 2,8 et 3, montrant que la longueur des épines est plus considérable.

D'autre part, Karsten (3) a signalé dans l'Océan Indien le *P. Steinii* Jörg., var. *elongata*, caractérisé par deux longues épines, mais les dimensions de cette variété sont bien différentes de celles des formes que je représente (fig. 18). En outre, l'épine supplémentaire serait, d'après Karsten, tantôt à droite, tantôt à gauche.

Il y a donc lieu de réunir ces formes sous un nom spécial, *Peridinium macrospinum*, destiné à rappeler les dimensions inusitées de deux des épines antapicales. Ajoutons enfin que le col formé par la corne apicale est un peu plus long que chez le *P. Steinii*. Les plaques de la cuirasse sont dépourvus d'ornements ; c'est à peine si le réseau, si fréquent chez les diverses espèces du genre, est apparent dans le jeune âge ; les sutures sont linéaires et étroites ou larges et striées transversalement. Voici la diagnose de cette espèce.

PERIDINIUM MACROSPINUM, nov. sp. — *Parte apicali in collum terminale sensius producta, sulco transverso æquatoriali; parte apicali rotundata, spinas inter duas longas antapicales depressa; spina adjutrice sinistra brevi apice marginem sulci longitudinalis peragente; diametro longitudinali (spinis exceptis) pro more 50 μ , rarius 70 μ ; diametro transversali 35-40 μ , rarius 50 μ ; spinis 20-22 μ longis.*

Cette espèce a été rencontrée dans l'Océan Atlantique, dans les parages des Sables d'Olonne, de l'Ile d'Yeu et dans la baie de Quiberon. Elle n'est jamais abondante et accompagne le *P. Steinii* auquel elle ressemble beaucoup.

PERIDINIOPSIS ASSYMETRICA, nov. sp. — Cette espèce, qui correspond au *Diplopsalis Lenticula* type de Bergh, présente normalement une asymétrie constante résultant de la présence, dans la région apicale, d'une plaque apicale supplémentaire *gauche* chez la plupart des individus et de six plaques prééquatoriales (fig. 19, I et III) ; dans la région antapicale, une plaque postéquatoriale droite supplémentaire qui porte à six le nombre des plaques postéquatoriales (fig. 19, II et IV).

Les auteurs qui ont figuré le *Diplopsalis Lenticula* n'ont pas vu la plaque apicale supplémentaire ou, comme Stein (4), ont considéré sa présence anormale ; or, tous les échantillons que j'ai examinés dans le plancton de l'Atlantique, depuis les Sables d'Olonne jusqu'à Brest, ont présenté la disposition et le nombre de plaques que j'ai signalés. Le genre *Diplopsalis* étant caractérisé par la présence de cinq plaques prééquatoriales, les formes de l'Océan Atlantique doivent être distraites de ce genre pour rentrer

(1) PAULSEN, O. Nordischen Plankton. XVIII, Peridiniâles, p. 47, fig. 58.

(2) STEIN, Der Organismus der Infusionsthier. T. III. Arthodelen Flagellaten. Tat. IX. *P. Michaelis*, fig. 9-14.

(3) KARSTEN. Das Indische phytoplankton nach dem material der Deutschen Tiefsee Expedition 1898-1899. Page 415. Planche L, fig. 12, a, b, c.

(4) STEIN, Loc. cit., *Diplopsalis Lenticula*, t. IX, fig. 3.

dans le genre *Peridiniopsis* créé par Lemmermann pour une espèce d'eau douce, le *P. Borgei*. Je propose de les grouper sous le nom de *Peridiniopsis assymetrica* pour rappeler la dissymétrie constante due à l'existence d'une plaque apicale supplémentaire gauche et d'une plaque postéquatoriale supplémentaire droite, sauf quelques exceptions.

Le grand diamètre transversal oscille entre $64\ \mu$ et $89\ \mu$, le diamètre longitudinal varie de $51\ \mu$ à $62\ \mu$ et le rapport $\frac{DT}{DL}$ est compris entre 1,60 et 1,35, mais il peut descendre exceptionnellement, chez les formes âgées, à 1,10.

Les plaques de la cuirasse des individus jeunes, assez fortement colorées, ne laissent pas apercevoir facilement les ponctuations; elles sont parcourues par un réseau dépourvu de côtes saillantes ou d'épines si fréquentes chez d'autres espèces; plus tard, la membrane devient moins colorable, le réseau s'efface peu à peu, et les ponctuations sont très apparentes, car, avec leurs bords colorés, elles se détachent en foncé sur la teinte claire des plaques. Les sutures sont d'abord étroites et linéaires

(fig. 19, III.), puis elles s'élargissent et prennent l'apparence d'un liséré bleu séparé en deux bandes parallèles par une ligne claire (fig. 19, II.); plus tard enfin, les sutures deviennent très larges et sont parcourues en travers par un grand nombre de stries transversales qui tranchent par leur couleur foncée sur la teinte pâle du reste de la cuirasse (fig. 19, I.). (Voyez aussi pl. I, fig. 3, 4, 5, 6.)

Voici la diagnose de cette espèce :

PERIDINIOPSIS ASSYMETRICA, nov. sp. Syn. ; *DIPLOPSALIS LENTICULA* Bergh ; *GLENODINIUM LENTICULA* Pouchet.

« *Cellulis ellipsoideis, diametro transversali majore $64\ \mu$ - $89\ \mu$, longitudinali $51\ \mu$ - $62\ \mu$, sulco transversali secus æquatorium sito, regione apicali laminam unam rhomboideam, laminas quatuor apicales quarum una exigua adjutrix sinistra, laminas sex prææquatoriales præbente; regione antapicali laminas sex postæquatoriales quarum singula adjutrix dextra cum sulco longitudinali contigua, antapicales duas præbente; laminis lorica prima ætate reticulatis; punctis junioribus vix visibilibus, adultioribus vere conspicuis; suturis primitus linearibus, dein latioribus, sæpius deduplicatis transverse striatis.* »

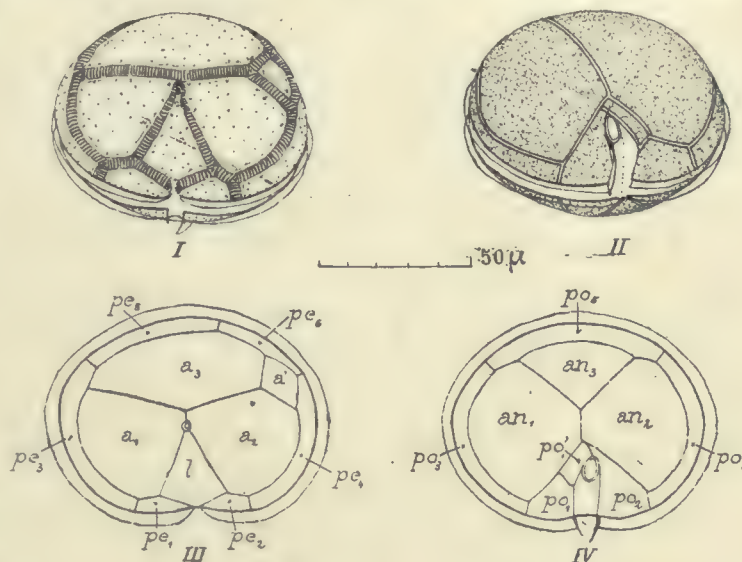


Fig. 19. — *Peridiniopsis assymetrica*, n. sp.

I. Individu vu par la face apicale montrant les sutures striées et les plaques couvertes de ponctuations; II. Individu vu par la face antapicale avec les sutures formées par un double liséré; le réseau est encore très apparent et les ponctuations sont déjà visibles; III. Valve apicale vue par la partie convexe: l , plaque en losange; a_1 , a_3 , plaques apicales; a' , plaque supplémentaire gauche; pe_1 , ..., pe_6 , plaques prééquatoriales. IV. Valve antapicale vue par la partie concave d'un individu anormal; an_3 , plaque antapicale supplémentaire; po_1 , ..., po_6 , plaques postéquatoriales.

Océan Atlantique, des Sables d'Olonne à la baie de Douarnenez, septembre 1908.

Le *Peridiniopsis asymmetrica* présente quelques formes anormales.

1° Une forme sphérique, en tout semblable par la disposition et le nombre des plaques à la forme ellipsoïdale typique; ses dimensions sont plus faibles et en même temps plus constantes; le grand diamètre transversal varie de $62\ \mu$ à $57\ \mu,5$, le diamètre longitudinal de $57\ \mu,5$ à $55\ \mu,5$. Cette forme a été rencontrée aux environs de Lorient et des Sables d'Olonne en mélange avec le type, mais sans aucun intermédiaire. On pourrait en faire une variété *sphaerica* du type;

2° Une forme dextre semblable au type, mais ayant des plaques supplémentaires disposées en sens inverse: elle est rare;

3° Enfin, une dernière anomalie est caractérisée par l'existence de trois plaques antapicales au lieu de deux; la plaque antapicale supplémentaire est opposée au sillon longitudinal (fig. 19, IV). Sauf la variété *sphaerica* assez répandue, les autres formes anormales sont trop rares pour modifier le type.

DIPLOPSALIS MINIMA, nov. sp. — Si la forme désignée sous le nom de *Diplopsalis Lenticula* doit être distraite du genre, j'ai rencontré dans la pêche n° 11 un vrai

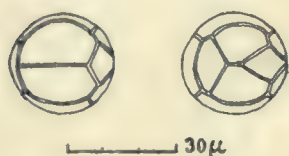


Fig. 20. — *Diplopsalis minima*, nov. sp.

Diplopsalis de forme lenticulaire, mais de très petite taille, inférieur même à la taille du *P. Paulseni* Mangin (*Diplopsalis Lenticula* f. *minor* Paulsen) (fig. 20). Il n'a, en effet, que 26 à $30\ \mu$ de diamètre transversal. Il possède les plaques caractéristiques de l'espèce *Diplopsalis Lenticula*. C'est à cette espèce que conviendrait le nom de f. *minor* attribué par Paulsen à l'espèce que j'ai désignée sous le nom de *D. Paulseni*; mais il n'est pas encore

établi que toutes les formes que Paulsen a désignées ainsi rentrent dans le *D. Paulseni*; d'autre part, ce *Diplopsalis* est différent par l'arrangement de ses plaques du *D. Pilula* Ostenfeld; aussi le désignerai-je sous le nom de *Diplopsalis minima*, nov. sp., avec la caractéristique suivante:

« *Lenticularis sphaericave; regione apicali valva rhomboidea, valvis tribus apicalibus, quinque prææquatorialibus efformata; regione antapicali duabus antapicalibus quinque postæquatorialibus constituta; diametro transversa 26-30 μ* (Parages des Sables d'Olonne). »

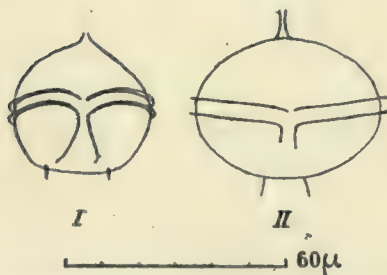


Fig. 21. — I, *Peridinium distans*; II, *P. ellipsoideum*.

J'ai représenté deux *Peridinium* qui me paraissent nouveaux; l'une (fig. 21, I) trouvé pêche 23, caractérisé par le grand écartement des épines antapicales, qui pourrait être désigné sous le nom de *P. distans*; l'autre (fig. 21, II) dans la pêche 26, reconnaissable à sa forme ellipsoïdale, serait le *P. ellipsoideum*; mais la rareté de ces

formes ne me permet pas d'en donner une diagnose précise.

Parmi les autres Péridiniales, je signalerai le genre *Dinophysis* représenté par cinq espèces. La plus répandue est le *Dinophysis Homunculus* qui s'est rencontré dans 23 pêches

sur 31; à la vérité toujours rare, sauf dans les pêches 34 et 36. C'est une espèce de l'Atlantique tempéré dont l'aire oscille entre 35° S. et 35° N. Elle est souvent accompagnée du *D. Ovum*, espèce dont l'aire d'extension est encore mal connue, et qui remonterait rarement dans la Manche. Plus rares sont le *Dinophysis acuta*, espèce boréale caractéristique, et enfin les *D. rotundata* et *D. hastata*. Enfin le *Pyrophacus horologium*, rencontré un certain nombre de fois (9 pêches sur 31) mais toujours rare, est une espèce tropicale océanique dont l'aire d'extension oscille entre 20° S. et 66° N. C'est dans la baie de Douarnenez (pêche 45) qu'il a été le plus abondant.

DIATOMACÉES

Les formes dominantes des Diatomacées de la croisière du *René* sont, avant tout, les *Rhizosolenia* avec le *Rh. alata* et ses formes *gracillima* et *corpulenta* qui se rencontrent dans toutes les pêches avec une abondance souvent extraordinaire; ces formes sont accompagnées, surtout dans la deuxième zone, du *Rh. Stolterfothii* et du *Rh. robusta*. Après les *Rhizosolenia*, le *Bacteriastrum varians* et les *Chaetoceros* sont essentiellement caractéristiques de la deuxième zone avec *Ditylium Brightwellii* et *Eucampia Zodiacus*. Viennent ensuite le *Coscinodiscus Oculus-Iridis* pour la première zone et le *Coscinodiscus Granii* pour la deuxième.

Rhizosolenia. — Le *Rhizosolenia robusta* Norm. s'est rencontré dans 23 pêches sur 31, mais il est surtout représenté dans la première et la deuxième zone. C'est une espèce des mers chaudes qui remonte rarement au Nord. Cleve (1) donne son aire d'extension comprise entre 5° S. et 50° N. Gough (2) l'indique commun au mois de mai, dans la Manche, rare dans les autres périodes de l'année. Je l'ai rencontré une fois assez commun aux Sables d'Olonne; partout ailleurs, il est rare ou assez rare. Là où il était assez commun, il a présenté un certain nombre de formes, les unes courtes et semblables à des bâtonnets effilés aux deux bouts, les autres plus grêles et arquées, ces dernières passant à la forme grêle et arquée, très allongée, que Schütt a

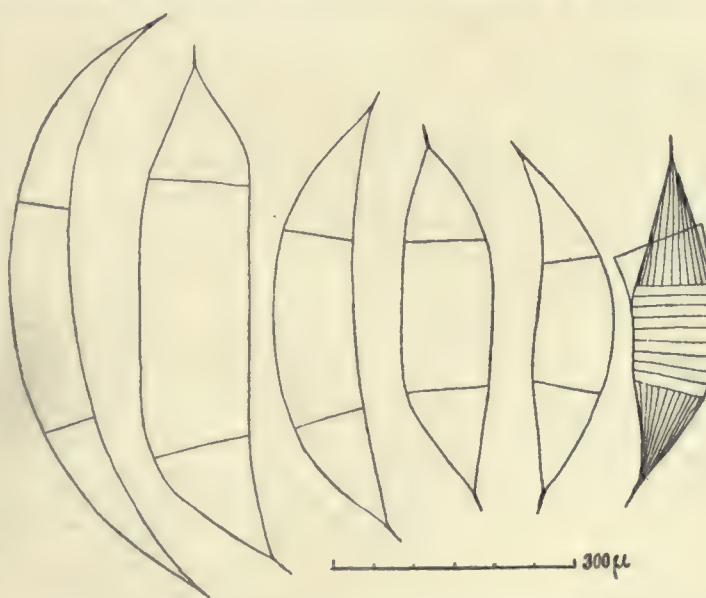


Fig. 22. — Diverses formes du *Rhizosolenia robusta*, Norm.

(1) CLEVE, The seasonal distribution of atlantic plankton organisms, p. 345.

(2) GOUGH, Report on the Plankton of the English Channel in 1903 (Reprinted from *International Investigations marine biological Association Report I*, 1902-1903).

désignée sous le nom de *Rh. Sigma* ; mais on peut rencontrer tous les passages entre la forme grêle et très allongée et les formes courtes et massives. La figure 22 en montre un certain nombre d'exemples.

RHIZOSOLENIA ALATA Btw. — Cette espèce présente avec la forme type les variétés *gracillima* et *corpulenta*. Dans la première zone, le *R. alata* f. *corpulenta* existe presque seul (pêches 6 à 17) et parfois constitue une forme dominante du plancton (pêches 8 et 17) ; il devient plus rare dans la deuxième zone, puis disparaît entièrement à partir de la pêche 36.

Par contre, le *Rhizosolenia alata* et sa forme *gracillima* deviennent très abondants et constituent des dominantes à partir de la pêche n° 20. Depuis l'embouchure de la Loire jusqu'aux parages de Lorient, le *Rh. alata* Btw. existe presque seul, sauf dans la pêche 25 où la forme *gracillima* devient très abondante. A partir de cette région, cette dernière est dominante jusqu'à la pêche 29 au voisinage de Concarneau ; c'est ensuite le *Rh. alata* qui domine jusqu'au voisinage de Penmarck (pêche 35) ; à cet endroit, c'est de nouveau la forme *gracillima* qui va dominer jusqu'à la fin, dans la baie de Douarnenez, tandis que la forme typique devient moins commune. Il y a donc, à partir de l'embouchure de la Loire, une série d'alternances assez régulières entre le *Rhizosolenia alata* et la forme *gracillima* qui sont des espèces océaniques tempérées ; la forme *corpulenta* est cantonnée plus au Sud.

Dans les diverses préparations servant au dénombrement des espèces, on a fréquemment rencontré les formes que je désignerai sous le nom de formes pipettes, qui représentent le *gracillima* se transformant en *alata* et ce dernier se transformant en *corpulenta*. C'est la forme pipette *gracillima alata* qui est la plus fréquente ; la forme *alata corpulenta* est bien plus rare.

Les formes pipettes sont caractérisées parce que la partie dilatée qui correspond au réservoir de la pipette est constituée

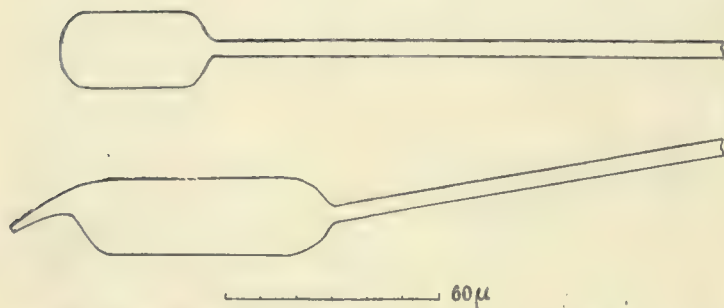


Fig. 23. — *Rhizosolenia gracillima*, formes en pipette et en tubes thermométriques.

par une valve normale avec son extrémité effilée (fig. 23), de là sa ressemblance avec une pipette ; cette forme la plus fréquente est précédée d'une autre forme plus rare, semblable à un tube thermométrique à réservoir d'abord sphérique puis plus tard cylindrique. On a voulu voir dans ces formes (1) des auxospores et la

membrane qui constitue le renflement en réservoir constituerait le *perizonium* ou membrane transitoire permettant à l'individu de reprendre ses dimensions primitives.

La rareté de ces formations ne m'a pas permis de suivre leur évolution avec précision ; mais il semble bien que la membrane qui constitue le renflement cylindrique est, non

(1) KARSTEN a signalé ces deux formes d'auxospores chez le *Rhizosolenia inermis* et le *R. bidens* (Karsten, Das Phytoplankton des Antarktischen Meere, Planche IX, fig. 12, 13).

pas un *perizonium*, mais la valve primitive d'un individu nouveau à plus grand diamètre qui se complète progressivement et aboutit à la forme pipette en développant à son extrémité d'abord obtuse la partie effilée caractéristique des valves de l'espèce.

Il y a là un point important à élucider, je me borne à en signaler l'importance aux chercheurs.

RHIZOSOLENIA STOLTERFOTHII Perag. — Cette espèce, rare jusqu'à l'embouchure de la Loire, devient abondante et prédominante jusqu'à la rivière de Lorient ; elle devient de nouveau rare et ne se montre plus en grande quantité que dans la baie de Douarnenez.

Les autres espèces de *Rhizosolenia*, *R. setigera*, *R. styliformis* ne se rencontrent, et rarement, que dans les deux premières zones de la croisière jusqu'à Lorient.

BACTERIASTRUM VARIANS Lauder. — Cette espèce très commune ne devrait pas retenir notre attention et cependant, bien que Karsten ait écrit « qu'il y a peu à ajouter à la bonne description et aux dessins de cette forme connue » (1), il me paraît nécessaire de lui consacrer quelques lignes à cause de l'incertitude relative au nombre des épines et des variétés qu'on en a distinguées sans préciser suffisamment les caractères du type et des variétés.

Lauder, qui a créé le *Bacteriastrum varians* pour des formes communes dans la baie de Hong-Kong (2), en donne la description suivante :

... « Largeur des frustules le plus ordinairement de 1/900 ; nombre des épines habituellement de 10 à 13 ; les épines terminales sont légèrement submarginales, les épines intermédiaires marginales. »

Quelques lignes plus loin, à propos d'une autre espèce dont nous parlerons bientôt, il ajoute « que le nombre des épines chez le *Bacteriastrum varians* n'est jamais plus grand que 24 ». Or, les dessins donnés par Lauder à l'appui de son texte montrent des individus qui n'ont que 8 épines ! Peragallo (3) a représenté également le *B. varians* avec 8 épines ; mais Karsten (4), d'autre part, a figuré le *B. varians* avec 21 épines.

J'ai rencontré cette espèce dans la deuxième zone, depuis l'embouchure de la Loire jusqu'à la rivière de Lorient : là, elle constitue une espèce dominante. Elle disparaît ensuite presque complètement dans la dernière zone. J'ai profité de la présence abondante de cette Diatomacée dans la deuxième zone pour essayer d'apporter plus de précision, si cela est possible, dans le dénombrement des espèces.

Dans la pêche n° 20, j'ai compté les individus et dénombré les épines de chacun d'eux ; le tableau suivant résume ces mensurations :

(1) G. KARSTEN, Das Phytoplankton des Atlantischen Oceans nach dem Material der Deutschen Tiefsee Expedition 1898-1899, p. 170.

(2) LAUDER, On new Diatoms (*Transactions of the microscopical Society*, vol. XII, 1864, p. 6-8, pl. III).

(3) PERAGALLO, Diatomées marines de France, pl. CXXXVI, fig. 1-5.

(4) KARSTEN, *loc. cit.*, pl. XXXIV, fig. 1, a.

Nombre des épines.	Nombre des individus.
12.....	1
13.....	4
14.....	10
15.....	21
16.....	35
17.....	9
18.....	2
19.....	1
	<u>83</u>

Dans la pêche n° 22, j'ai trouvé avec trois préparations les résultats suivants :

Nombre des épines.	Nombre des individus.			Total.
	Préparations.			
	I	II	III	
12.....	4	1	0	5
13.....	9	13	6	28
14.....	15	7	14	36
15.....	26	11	11	48
16.....	37	5	12	54
17.....	26	3	10	39
18.....	4	4	2	10
21.....	1	0	0	1
				<u>221</u>

On voit par ces résultats que le nombre des épines est variable et oscille entre 12 et 21. Je n'ai pas observé, dans les diverses pêches de la croisière du *René*, d'individus présentant seulement 8 épines, comme Lauder et après lui Peragallo l'a figuré.

Sur un total de 304 individus examinés, j'en ai trouvé un seul présentant 21 épines conforme au type représenté par Karsten.

Ces différences dans le nombre des épines tiennent au diamètre plus ou moins considérable des valves, ainsi qu'on peut s'en assurer par le tableau suivant :

Nombre des épines.	Diamètres en μ .
12.....	17,5
13.....	17,5; 19
14.....	17,5; 19; 22,2; 22,2
15.....	28,5; 26,5; 26,4; 24,4; 22,2; 22,2
16.....	31; 28,5; 28,5; 26,5; 26,5; 26,5; 24,4; 22,2
17.....	35,5; 33,3; 31; 31; 31
18.....	37,7; 33,3; 31; 31

On voit que le diamètre des divers individus que j'ai mesurés oscille entre 17 μ 5 et 37 μ 7, et que le nombre des épines est d'autant plus grand que le diamètre est plus considérable. Cette relation, évidente *a priori*, n'était pas inutile à établir par la mensuration des individus.

Dans les pêches 20 et 22, le maximum comprend les individus qui possèdent 16 épines : ils représentent, en effet, 40,5 p. 100 du nombre des individus dans la pêche n° 22 et 35,5 p. 100 dans ceux de la pêche n° 20.

Ainsi, tandis que Lauder estimait le nombre le plus commun des épines à 10 ou 12, nous trouvons ici que le nombre des individus ayant de 15 à 17 épines avec maximum 16, représente 70 ou 75 p. 100. Il est possible que ces différences tiennent aux variations de température, aux influences saisonnières, à l'habitat ; il serait intéressant d'effectuer

les mêmes mensurations sur des individus récoltés dans d'autres régions et à d'autres périodes de l'année.

En tout cas, comme Lauder indique que le nombre des épines ne dépasse pas 24, nous restons dans les limites de la définition qu'il a donnée du *Bacteriastrum varians*.

BACTERIASTRUM SOLITARIUM, nov. sp. — Les pêches où le *Bacteriastrum varians* domine présentent une autre espèce toujours rare, dont les individus ne sont pas réunis en colonies; ils se présentent à l'état isolé, sous l'aspect de disques circulaires qu'on pourrait confondre avec des *Coscinodiscus*, si la couronne d'épines ne venait en révéler la véritable nature.

Le diamètre des cellules est de $42\ \mu$ à $48\ \mu$, 5 et leur épaisseur représente le tiers ou le quart du diamètre. Le bord de chaque disque, parfois sur les deux faces, le plus souvent sur une seule face, est garni d'épines rayonnantes dont le nombre varie de 30 à 42. Les épines sont toujours simples et insérées sur le bord extrême du disque (fig. 24).

Au premier aspect, ces disques répondaient, pour le nombre des épines, au *Bacteriastrum hyalinum* de Lauder, caractérisé comme on le sait (1) par son aspect hyalin et par la présence constante de 30 ou 32 épines. Il est vrai que Peragallo, dans son traité des Diatomées de France, considère le *B. hyalinum* comme une variété du *B. varians* et le représente dans un échantillon de Villefranche (2) avec 20 épines. Mais ce que nous avons dit plus haut du *Bacteriastrum varians* nous autorise à penser que Peragallo n'a pas vu le véritable *B. hyalinum* et qu'il l'a confondu avec un *Bacteriastrum varians* à 20 épines, comme Karsten (3) l'a figuré dans le Phytoplancton de l'Atlantique.

Un examen plus approfondi du *Bacteriastrum* à nombreuses épines m'a laissé des doutes sur son rattachement au *B. hyalinum*.

Et d'abord, le nombre des épines est presque toujours supérieur à 30 ou 32, comme le montre le tableau suivant où se répartissent les individus examinés :

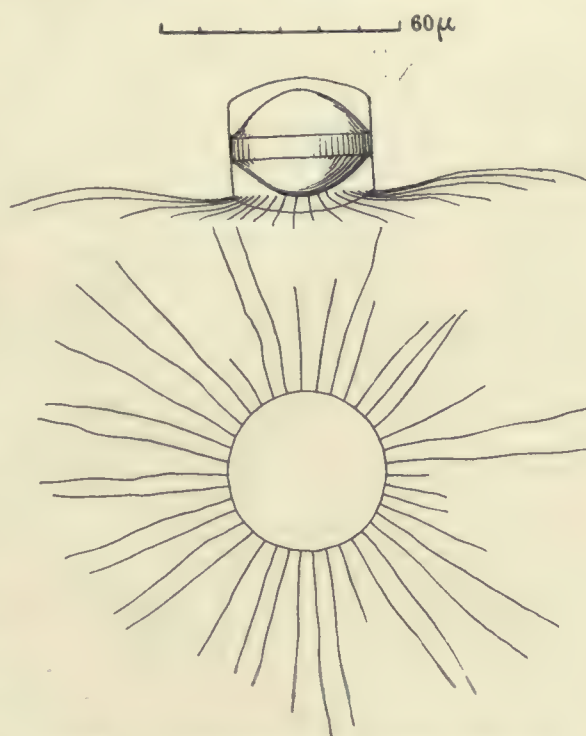


Fig. 24. — *Bacteriastrum solitarium*, nov. sp.

Un individu isolé vu par la face valvaire, avec une couronne d'épines toujours simples. Au-dessus, un individu renfermant une spore, vu par la face connective, les épines sont fixées sur l'une des valves.

(1) LAUDER, *loc. cit.*, p. 6-8.

(2) PERAGALLO, *loc. cit.*, pl. CXXXVI, fig. 6.

(3) KARSTEN, *loc. cit.*, pl. XXXIV, fig. 1, a.

Nombre des épines.	Nombre des individus correspondants.
30.....	1
31.....	1
32.....	7
33.....	6
34.....	3
35.....	10
36.....	5
37.....	3
38.....	2
39.....	3
40.....	0
42.....	2
43.....	1

Cette différence seule n'autoriserait pas toutefois à conclure à l'existence d'une espèce différente, car on conçoit que là, plus encore que pour le *B. varians*, les variations du milieu puissent modifier le nombre des épines.

Mais il faut ajouter que tous les individus sont isolés, que les épines manquent très souvent sur l'une des faces et enfin que ces épines sont toujours simples. Je n'ai pas vu un seul individu où les épines fussent bifurquées, caractère qui est dû, comme on le sait, à la soudure des deux épines correspondantes appartenant à deux individus différents. L'examen attentif des individus isolés démontre donc que ceux-ci ne pouvaient être réunis en chaînes, comme Lauder l'indique pour le *B. hyalinum*. En outre, on observe çà et là, mais toujours, très rarement, des individus à valves bombées, dont l'axe perpendiculaire aux deux valves est de 32 à 35 μ pour un diamètre de 38 à 40 μ . Ces individus sont toujours pourvus d'un seul cercle d'épines au bord de l'une des valves ; ces épines, simples comme celles des autres individus, sont recourbées en dehors. A l'intérieur des deux valves, on trouve une spore qui a 28 à 30 μ d'épaisseur sur 40 μ de diamètre ; cette spore est limitée par deux valves convexes, un peu amincies sur les bords. Nous n'avons rien remarqué de semblable chez *B. varians*, où les spores se forment dans les cellules végétatives normales munies sur les deux valves d'une couronne d'épines simples ou bifurquées.

L'impossibilité pour les individus que j'ai examinés de se réunir en chaîne, l'absence fréquente d'épines sur l'une des valves éloignent donc ces individus du *B. hyalinum*. On pourrait objecter, il est vrai, que l'absence des épines sur l'une des valves est due à une rupture de la chaîne qui s'est produite pour les articles au niveau de l'insertion des épines ; s'il en était ainsi, on trouverait les vestiges de l'insertion sur les bords des valves. Or, ces vestiges, représentés par un délicat festonnage, manquent dans la plupart des échantillons.

Ces raisons suffisent pour expliquer pourquoi je réunis ces individus sous le nom de *Bacteriastrum solitarium*, nov. sp., dont la diagnose serait la suivante :

« *Frustulis solitariis, disciformibus, circularibus ; valvis planis convexisve (diametro 38-48 μ) singula duabusve coronam 30-42 spinis, simplicibus, radiantibus obsitam gerentibus ; sporis in frustulis convexis, quarum valvæ gibbosæ, læves, superficiem cylindricam super quintam axis longitudinalis partem æquantem aptatæ, enatis, 30-38 μ . »*

Cette espèce, mélangée au *Bacteriastrum varians*, a été rencontrée dans les pêches 20, 22, 24 de l'embouchure de la Loire au passage de la Teignouse.

Chætoceros. — Le groupe des *Chætoceros* ne comprend pas moins d'une vingtaine d'espèces dont plusieurs nouvelles, mais il ne contient pas de types dominants. Rares dans la première zone, déjà plus nombreux dans la troisième zone, les *Chætoceros* sont surtout bien représentés et très variés dans la deuxième zone, de l'embouchure de la Loire à la rivière de Lorient.

Les *Chætoceros curvisetus*, *Ch. pseudo-curvisetus*, *Ch. densus*, *Ch. decipiens*, *Ch. didymus*, *Ch. teres* sont les espèces le plus largement représentées. *Chætoceros decipiens*, un peu sporadique dans la deuxième zone, s'est montré constant dans la première zone et dans la baie de Douarnenez. Dans la première et la deuxième zone, il est accompagné par le *Ch. curvisetus* et le *Ch. pseudo-curvisetus*. Dans la troisième zone, il est surtout accompagné par le *Ch. densus*.

Nous allons passer en revue un certain nombre d'espèces et décrire celles qui sont nouvelles.

CHÆTOCEROS ADHÆRENS, nov. sp. — Cette nouvelle espèce, rare dans les pêches n° 17, n° 22, n° 39 et n° 45, constitue des chaînes droites d'individus à section elliptique, dont les cellules, très serrées les unes contre les autres, ne laissent qu'une étroite fenêtre lancéolée. Aux extrémités de ces fenêtres, les cellules contiguës s'appliquent l'une contre l'autre par l'intermédiaire d'un coussinet revêtu d'une couche plus ou moins épaisse de composés pectiques. Les valves sont à contour rectangulaire avec les angles légèrement arrondis.

Au niveau de ces angles et un peu en dedans, tout contre l'enduit de composés pectiques qui soude les cellules entre elles, naissent les cornes étroites et lisses, semblables entre elles. Je n'ai pas vu les cellules terminales de la chaîne et par suite j'ignore si les cornes qu'elles présentent sont différentes ou semblables aux cornes intermédiaires (fig. 25).

Les cellules paraissent ne contenir qu'un seul chromatophore.

Par le mode de réunion caractéristique des cellules qui composent la chaîne, cette espèce ressemble au *Ch. costatus* récemment décrit par Pavillard (1), mais elle s'en distingue par ses dimensions : la chaîne a environ 28 μ de largeur et les cellules ont 10 μ de hauteur suivant l'axe pervalvaire. C'est l'inverse qui a lieu chez le *Ch. costatus* où les cellules sont aussi hautes que larges et présentent une annulation très nette que je n'ai pas rencontrée chez le *Chætoceros adhærens*. En outre, l'espèce de Pavillard paraît manquer de la couche de composés pectiques, assez épaisse (1 μ), qui réunit deux cellules

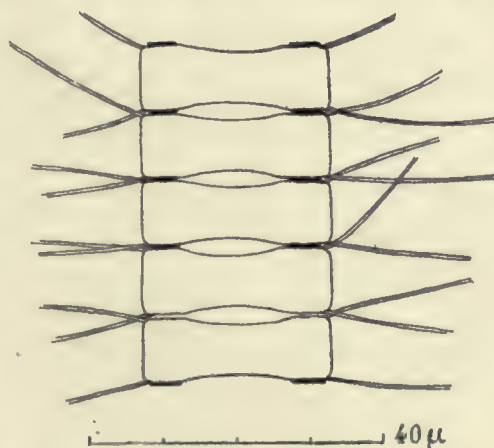


Fig. 25. — *Chætoceros adhærens*, nov. sp.

Chaîne d'individus incomplète, les individus terminaux manquent. Le trait noir intercalé entre les individus représente le coussinet de composés pectiques qui les réunit entre eux.

(1) PAVILLARD, Observations sur les Diatomées (Bull. Soc. Bot. de France, 4^e série, t. XI, 1911, p. 24, fig. 1).

contiguës, et dont la présence fait songer, toutes proportions gardées, au ligament inter-osseux, qui unit les corps vertébraux chez les Mammifères. Comme les rapports de grandeur entre l'axe pervalvaire et l'axe apical sont très variables dans la même espèce, il est possible que le *Ch. adhærens* représente dans l'Océan le *Ch. costatus* de la Méditerranée. Si l'identité de ces deux formes était établie, le nom de *Ch. costatus* prévaudrait. La figure 25 montre l'aspect du *Ch. adhærens* avec ses coussinets de composés pectiques intercellulaires, marqués en noir. On a figuré en *a* les deux cellules inférieures, en supprimant le coussinet d'union qui est parfois peu apparent; on peut constater alors que les faces valvaires demeurent, en cet endroit, séparées l'une de l'autre par l'épaisseur du coussinet.

Voici la diagnose de cette espèce.

CHÆTOCEROS ADHÆRENS, nov. sp. — « *Catenis rectis frustulis* (10 μ alt. axim pervalvarem secus, 28 μ lat.) efformatis; valvis faciem centro leviter excavatam præbentibus et hic cum frustulis sequentibus præcedentibusve pulvillo materie pectica constituto cohærentibus; cornubus angustis divergentibus paululum valvas intus quarum anguli rotundati, insertis; foraminibus perangustis.

« *Sporis* (endocystis) ignotis. »

CHÆTOCEROS ANASTOMOSANS Grun.; *CH. EXTERNUS* Gran. — Cette espèce, très délicate, est probablement plus répandue qu'on ne le croit, mais à cause de sa

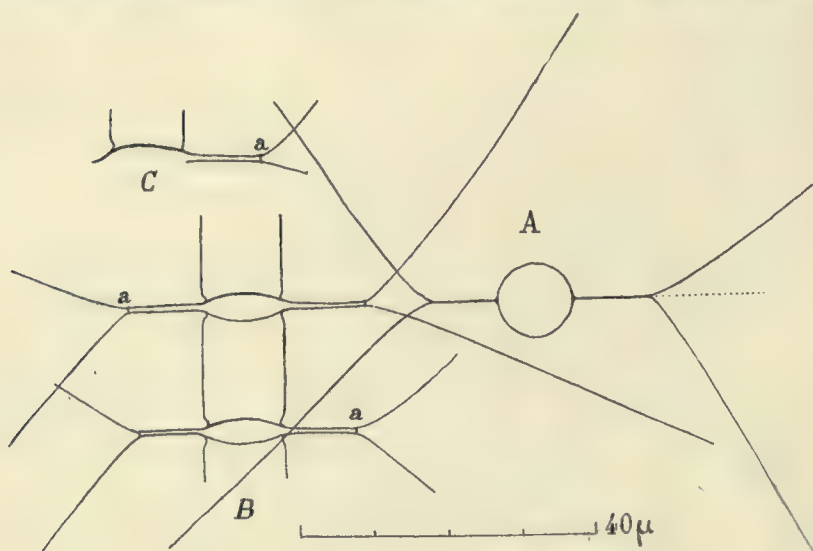


Fig. 26. — *Chætoceros anastomosans* Grun.

A, vu par la face valvaire; B, vu par la face connective et montrant le parallélisme normal des soies jusqu'au point où se trouve l'anastomose *a*; C, Fragment rompu dont les soies sont restées parallèles.

petite taille et de la fragilité du lien qui réunit les cellules en chaînes, celles-ci sont souvent brisées et peu reconnaissables. Je l'ai rencontrée dans la pêche 22 à l'état stérile; comme elle présente quelques différences avec le type décrit par les auteurs, j'ai pensé qu'il n'était pas inutile d'en préciser à nouveau la description.

Vues par la face valvaire (fig. 26. A), les cellules ont un contour circulaire d'un diamètre de 10 à 12 μ ; les soies qui s'en détachent,

extrêmement minces, sont exactement insérées sur deux génératrices opposées diamétralement. Comme à partir de leur insertion elles se dirigent exactement dans la direction prolongée du diamètre, les deux soies voisines, appartenant à deux cellules contiguës, se projettent l'une sur l'autre sur une longueur de 10 à 12 μ et paraissent confondues;

elles divergent ensuite très inégalement, l'une sous un angle dièdre de 30° environ, l'autre sous un angle dièdre de 45° avec le plan axial de la chaîne contenant le diamètre passant au point d'insertion. Cet aspect du *Ch. anastomosans*, vu par les faces valvaires, est très caractéristique et n'avait pas encore été signalé.

Vues par les faces connectives, (fig. 26, B) les cellules sont rectangulaires, mais les valves sont légèrement déprimées au centre et les angles, légèrement saillants, donnent insertion aux soies qui se dirigent perpendiculairement à l'axe de la chaîne ; les soies des deux cellules contiguës sont parallèles entre elles sur une longueur de 10 à $12\ \mu$: la distance qui les sépare est de $2\ \mu$ environ. C'est près du point où ces soies vont diverger que se trouve l'anastomose (fig. 26, B, a) qui les réunit et qui seule assure la réunion des individus en chaîne.

Quand la chaîne se brise, c'est au niveau de l'insertion d'une des cornes que la rupture a lieu et les débris de la soie ainsi rompue demeurent attachés à la soie précédente, en conservant souvent leur parallélisme (fig. 26, c).

Les formes décrites par Ostensfeld (1) ne marquent pas le parallélisme des soies depuis le point d'insertion jusqu'à l'anastomose et cependant le dessin donné par cet auteur se rapproche le plus de la forme que je viens de décrire. Les dessins donnés par Gran (2) pour le *Ch. externus* s'éloignent beaucoup plus du type et sont insuffisants pour caractériser l'espèce. Il en est de même du dessin de Grunow reproduit par Peragallo (3).

Enfin Schütt (4) a décrit une variété *speciosa* du *Ch. anastomosans*, encore plus différente par l'épaisseur et la direction des soies. Il est vrai que c'est une variété du type décrit par Grunow, figuré dans l'ouvrage magistral de Van Heurck.

J'ai représenté (fig. 27) les divers dessins consacrés à cette espèce par les divers auteurs. En les comparant au type que j'ai figuré, il existe des différences assez grandes ; toutefois, pour certains d'entre eux, les différences s'atténuent, si l'on songe que cette espèce, très délicate et faiblement silicifiée, peut se déformer dans les préparations.

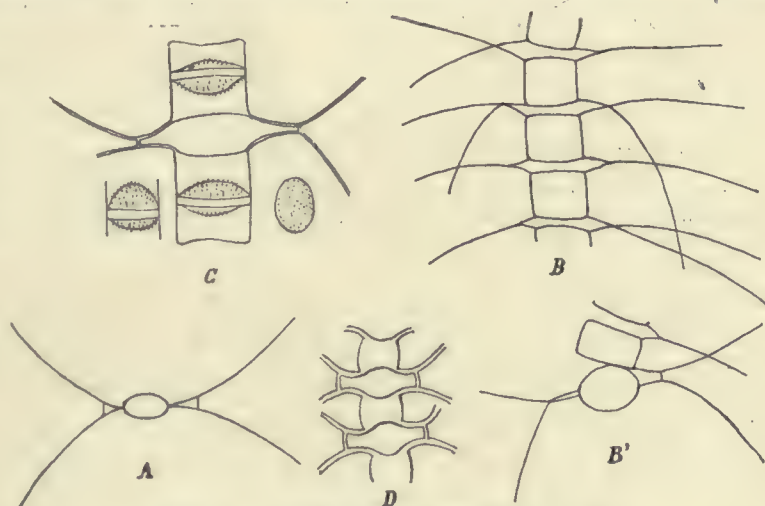


Fig. 27. — *Chaetoceros anastomosans* Grun.

A, d'après un dessin reproduit par Peragallo ; B, B', d'après Gran, figuré sous le nom de *Ch. externus* ; C, d'après Ostensfeld ; D, d'après Schütt sous le nom de var. *speciosa*.

(1) OSTENSFELD, Jagttagelser over Plankton-Diatomeer (Nyt. Magazin f. Naturvidenskab., Bd. XXXIX, p. 296, fig. 8).

(2) GRAN, Den Norske Nordhavs Expedition. — Protophyta, Diatomaceæ, Silicoflagellata og Cilioflagellata, p. 25, fig. 44-45.

(3) PERAGALLO, Diatomées marines de France (Atlas, pl. CXXXII, fig. 7).

(4) F. SCHÜTT, Arten von Chaetoceras und Peragallia. Ein Beitrag zur Hochseeflora (Berichte d. Deutsch. Bot. Gesellschaft, t. XIII, 1895, p. 47, t. V, fig. 26).

C'est d'abord la courbure des soies qui, dans certaines préparations, s'est montrée assez fréquente (fig. 28, *a*) ; toutefois cette courbure n'altère pas le parallélisme des soies contiguës.

Enfin, dans certains cas (fig. 28, *b*), ces soies peuvent être plus ou moins écartées et divergentes depuis l'anastomose jusqu'à l'insertion aux angles des valves. Cette déformation explique l'aspect représenté par Gran sous le nom de *Chætoceros externus* (B et B', fig. 27) et, dans une certaine mesure, la figure donnée par Ostenfeld (C, fig. 27). En aucun cas, au

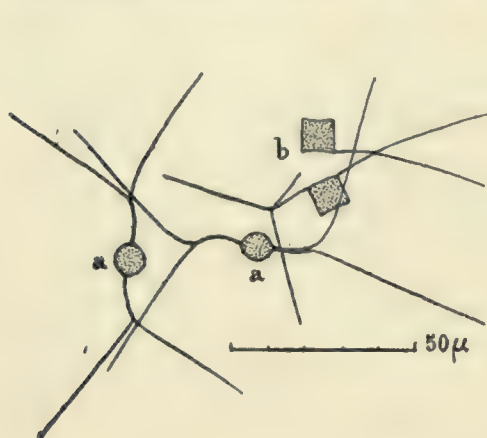


Fig. 28. — *Chætoceros anastomosans* Grun.

a, vu par la face valvaire ; *b*, vu par la face connective et déformé à la suite de la rupture d'une des soies.

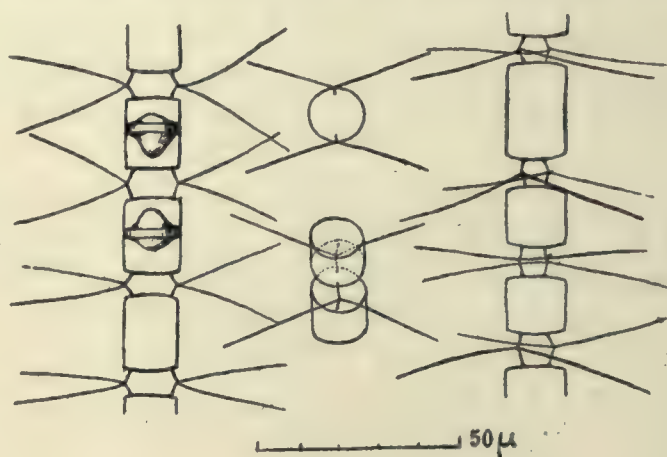


Fig. 29. — *Chætoceros contortus* Schütt.

Au milieu, vu par la face valvaire ou un peu obliquement. A droite, chaîne stérile ; à gauche, chaîne avec 2 spores.

moins jusqu'à présent, il n'est possible d'expliquer le dessin donné par Grunow dans l'ouvrage de Van Heurck et que j'ai reproduit d'après Peragallo. Il semble donc, en somme, que les différences révélées par les descriptions des auteurs tiennent à des déformations de l'espèce qui, en raison de son exigüité et de sa fragilité, se prête difficilement à l'observation, surtout quand sa membrane n'a pas été préalablement colorée.

La diagnose devra être établie d'après les dessins que j'ai figurés.

CHÆTOCEROS CONTORTUS Schütt ; CH. COMPRESSUS Cleve (non Lauder) ; CH. MEDIUS Schütt. — J'ai rencontré cette espèce avec des endocystes dans les pêches n° 20, 22 et 26.

Les chaînes droites ou faiblement courbées qu'elle constitue sont formées d'individus à valves légèrement convexes lorsqu'elles sont vues par la face connective, et circulaires, vues par la face valvaire ; les soies étroites sont insérées en dedans du bord des valves ; elles se réunissent au milieu de l'intervalle qui sépare deux cellules, et au point de réunion, on observe un léger renflement, comme s'il y avait un nœud à cet endroit (fig. 29). L'aspect que présentent les soies est, en effet, en tout semblable à celui d'un crin au milieu duquel on a fait un nœud, de sorte que les soies changent brusquement de direction au point où elles paraissent être nouées. Les spores sont lisses, mais, dans les individus que j'ai rencontrés, elles occupent le milieu des cellules et ne présentent pas la disposition figurée par Gran (1).

(1) GRAN, Protophyta, etc., p. 14, pl. II, fig. 32.

Vues par la face valvaire, les cellules sont circulaires et les soies divergent également du point de leur réunion. Je n'ai pas vu de cellules avec les soies épaisses et ondulées qui ont été figurées par Schütt chez les individus qu'il a observés.

CHÆTOCEROS DANICUS Cleve ; CH. WIGHAMII Van Heurck (non Brightwell) ; CH. BOREALIS Schütt (non Bailey).

Les pêches n^{os} 20, 22 et 24 présentent d'assez nombreux individus de cette espèce très caractéristique, mais dont l'histoire est encore confuse, à cause de l'absence de coordination des résultats acquis.

Van Heurck (1) en a donné le premier un assez bon dessin, où l'espèce est représentée par sa face valvaire ; mais sa description est insuffisante et erronée :

« Valve convexe, ovale, couverte de petites épines, ayant à chaque bout deux longs piquants aigus, frustules réunis en un long filament. » Il avait identifié cette forme avec le *Ch. Wighamii*.

Cleve (2), ayant rencontré cette forme dans les eaux danoises, lui donna le nom de *Ch. danicus*. Dans un travail ultérieur (3), il compare le véritable *Ch. Wighamii* avec le *Ch. danicus*, il montre les différences qui les séparent et qui légitiment l'existence du *Ch. danicus*. S'il insiste avec raison sur le fait caractéristique que le *Ch. danicus* ne forme jamais de longues chaînes, il n'apporte aucune attention à l'insertion des cornes, telle que Van Heurck l'a figurée dans ses figures ; les dessins de la planche III, fig. 18 et 19, ne fournissent sur ce point aucune indication précise, surtout la figure 19, qui présente un individu pourvu seulement des deux cornes d'une valve. Un peu plus tard, Cleve (4) donne, à propos d'une contribution à la description de la flore planctonique de Suède, une courte diagnose du *Ch. danicus* : « Cellules isolées ou par paires, ne formant pas de chaîne ; vues par la face connective, elles sont irrégulièrement quadrangulaires ; vues par la face valvaire, elles sont presque orbiculaires avec soies insérées à la marge ; en direction horizontale, scabres avec petites épines disposées en spirale. Les soies de la valve supérieure et de la valve inférieure divergent en formant un angle aigu. Largeur des valves, 0,02. »

Cleve ajoute que cette espèce ne peut être confondue avec aucune autre, car c'est une des peu nombreuses espèces non disposées en chaîne.

Si la description est déjà plus précise, elle offre cependant une lacune importante : le mode d'insertion des quatre cornes ; les références de Cleve n'apportent pas beaucoup de clarté sur ce point, car elles se rapportent à la fois au dessin de Van Heurck, très exact, et à un *Chaetoceros* indéterminé de Schütt (5), représenté planche III, fig. 5, qui montre les cornes correspondantes de chaque valve insérées sur la même génératrice, ce qui n'existe pas chez le *Ch. danicus*.

(1) VAN HEURCK, Traité des Diatomées, p. 421, fig. 139, a. et Pl. XVIII, fig. 664.

(2) CLEVE, Pelagiske Diatomeer fran Kattegat. Kjøbenhavn (Det Videnskabelige Udbytte af. Kanonbaaden Hauchs. Togter i de danske Have, 1899).

(3) CLEVE, The Diatoms of Finland (Acta Societatis pro Fauna et Flora fennica, VIII, n^o 2, p. 65, fig. 18, 19, pl. III).

(4) CLEVE, Planktonundersökningar Cilioflagellater och Diatomacéer (Bihang. tell. K. Svenska Vet. — Akad. Handlingar, Band. 20, Afd. III, n^o 2, 1894, p. 12).

(5) SCHÜTT, Ueber die Diatomeengattung Chaetoceros (Bot. Zeit., 1888, n^{os} 11 et 12, Taf. III, fig. 5).

Presque au même moment, Schütt (1) décrivait l'espèce de Cleve sous le nom de *Chaetoceros borealis* et en donnait une figure très bonne, vue par la face connective.

Enfin Gran (2) fournit une description plus complète du *Ch. danicus* : on y trouve l'indication très nette du mode d'insertion si caractéristique des cornes.

« Cependant les cornes qui, au voisinage du bord des valves, ne naissent pas exactement dans le plan apical et qui se tiennent dès la base perpendiculairement à l'axe pervalvaire se dirigent alternativement des deux côtés du plan apical..... » Il n'y a rien à

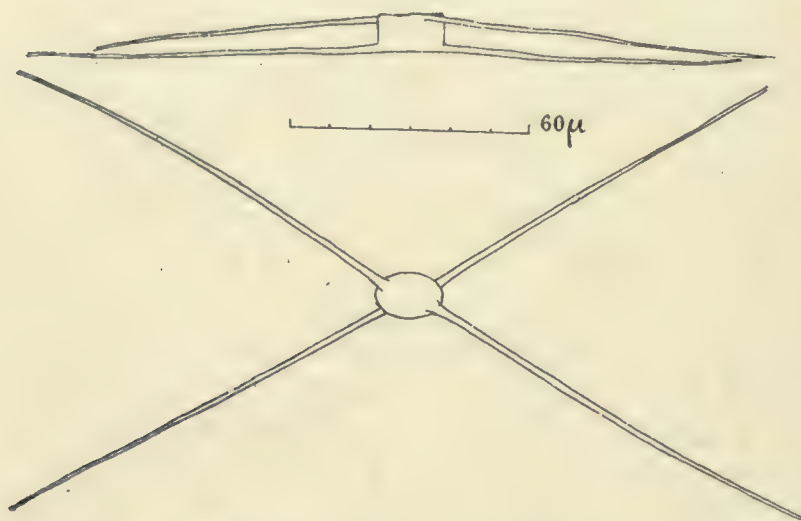


Fig. 30. — *Chaetoceros danicus* Cleve.

Individu vu par la face valvaire en bas et par la face connective en haut.

reprendre à cette partie de la description de Gran qui traduit exactement l'impression laissée par le dessin de Van Heurck. Il est regrettable que Gran n'ait pas joint à l'excellente figure de Schütt, la figure représentant le *Ch. danicus*, vu par la face valvaire, de manière à montrer le mode d'insertion qu'il a si bien décrit.

Comme on le voit par les figures, le *Ch. danicus* forme des cellules isolées et presque tous les échantillons que j'ai rencontrés étaient dans ce cas;

je n'ai vu que deux individus associés deux à deux. Les valves sont planes, elliptiques ayant $12 \times 18 \mu$, avec une hauteur (longueur de l'axe pervalvaire) de 8μ . Les cornes correspondantes sont insérées sur deux génératrices situées à droite et à gauche du plan apical; or, c'est là un caractère des plus importants, car il se retrouve très rarement chez d'autres espèces de *Chaetoceros*.

Ces cornes sont assez larges au niveau de leur insertion, puis elles diminuent graduellement d'épaisseur pour former des soies plus fines à l'extrémité.

Par leur mode d'insertion et par la direction qu'elles possèdent, les cornes ne peuvent pas s'entrecroiser, ni rester coalescentes et, par suite, elles sont impuissantes à réunir les individus en chaînes; si parfois on trouve, comme Cleve l'a figuré, deux individus réunis, ce sont sans doute les deux cellules filles issues d'une même cellule mère, qui sont encore adhérentes par les débris de la paroi de la cellule mère non résorbée. L'impossibilité de former des colonies en chaîne, résultant du mode spécial d'insertion des cornes, est donc la caractéristique du *Ch. danicus*.

Cleve (3) écrit que cette espèce n'est pas une forme océanique et se présente le long

(1) SCHÜTT, Das Pflanzenleben der Hochsee, 1893, p. 19, fig. 5.

(2) GRAN, Nordisches Plankton, 1905; Diatomeen, XIX, p. 70. fig. 83.

(3) CLEVE, The seasonal Distribution of Atlantic plankton organisms, p. 296.

des côtes de l'est de l'Atlantique tempéré. Elle a été rencontrée dans la Baltique, dans la baie de Finlande et autour des îles danoises; côtes de Norvège (Gran), mer du Nord (Van Heurck) et enfin assez abondante dans la Manche (Gough).

CHÆTOCEROS sp. — J'ai figuré à côté du *Ch. danicus* un autre *Chætoceros* indéterminé dont les cellules ne sont pas réunies en chaînes. A première vue, cette forme ressemble au *Ch. danicus*, surtout quand on examine par la face connective. Les individus isolés qu'il représente sont formés de valves à section circulaire dont les cornes très étroites et de largeur uniforme sont insérées, pour chaque valve, sur les génératrices situées dans le plan apical; vus par la face connective, les individus ont un contour rectangulaire et l'axe pervalvaire est à peu près égal à l'axe apical. Cette espèce, bien distincte du *Ch. danicus*, se rencontre en mélange avec lui dans la pêche 22, mais elle est plus rare.

CHÆTOCEROS DIDYMUS Ehr; *CH. MAMILLANUS* Cleve; *CH. PROTUBERANS* Castr.; *CH. PROTUBERANS* Schütt (bei Apstein) non Lauder. — J'ai fait connaître (1) à propos de cette espèce des détails de structure déjà soupçonnés par

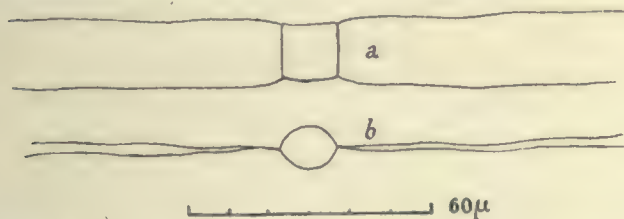


Fig. 31. — *Chaetoceros* sp. Vu par la face connective *a*, et par la face valvaire *b*.

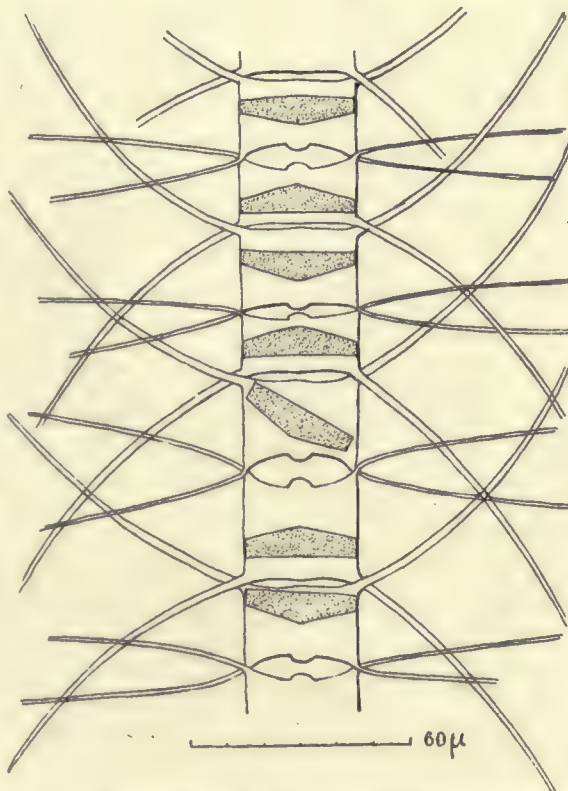


Fig. 32. — Chaîne de *Chaetoceros didymus* Ehr, avec les cellules mères des spores différentes des cellules végétatives. Ces cellules ont déjà formé l'une des valves de la spore marquée en pointillé. On aperçoit la différence des cornes des cellules végétatives et des cellules mères des spores.

Gran (2), mais elle retiendra encore notre attention par sa structure et par la formation de ses spores.

Quand on colore les pêches au moyen de l'hématoxyline alunée vieille, on remarque que la membrane des cellules adultes se colore moins fortement que celle des cellules jeunes. Ce fait n'est pas particulier au *Ch. didymus*; on l'observe avec toutes les Diatomées en voie de division.

(1) L. MANGIN, Observations sur les Diatomées (*Ann. Sc. nat. Bot.*, 9^e série, t. VIII, 1908, p. 210-211).

(2) H.-H. GRAN, Protophyta : Diatomaceæ, Silicoflagellata og Cilioflagellata (*Der Norske Nordhavs Expedition*, 1876-1878, fig. 8, pl. I, p. 16).

Ce qui est spécial à l'espèce, c'est que, dans les cellules adultes, plus rarement dans les jeunes, la région d'insertion des cornes demeure toujours incolore; ces cornes elles-mêmes sont également incolores sur une partie de leur longueur, et cela, quelle que soit la durée du séjour dans le réactif colorant. Dans ces conditions, on aperçoit difficilement le mode d'insertion et la direction de ces ornements. C'est seulement à une certaine distance des cellules par lesquelles elles s'insèrent que les cornes sont fortement colorées en violet foncé; elles paraissent un peu plus épaisses, comme si elles étaient recouvertes d'un enduit qui aurait disparu ou ne se serait pas formé au niveau de leur insertion (planche II, fig. 1 et fig. 34, 34).

Quoi qu'il en soit, cette particularité donne un aspect spécial aux chaînes du *Ch. didymus* et, à défaut d'autres caractères, il permet de distinguer les individus au milieu des organismes très variés de certaines pêches.

Dans les pêches 22 et 24 où le *Ch. didymus* est assez abondant, les individus présentent des spores en voie de formation (pêche 22).

La structure de ces spores a été assez bien décrite et figurée (1) par Gran; mais leur développement présente des particularités qui n'ont pas été suffisamment précisées.

Le *Ch. didymus* présente, en effet, un véritable dimorphisme inconnu chez les autres espèces du genre et chez les autres Diatomées, sauf peut-être chez le *Ch. cinctus*. Chez celles-ci, en effet, les spores durables prennent naissance, dans les individus normaux, à la fin de la période de végétation de ceux-ci; ces spores sont mises en liberté par la destruction des valves qui ont abrité leur développement. Rien ne fait prévoir, dans une chaîne d'individus ou chez des individus isolés, le moment où la sporulation va se produire.

Chez le *Ch. didymus*, au contraire, la formation des spores est annoncée dès l'apparition des cellules mères formatrices, au moment de la division cellulaire.

Tant que l'espèce est en végétation active, chacun des individus qui composent une chaîne se divise et donne naissance à des individus semblables; les jeunes individus sont reconnaissables, parce qu'ils sont encore enveloppés par la membrane de la cellule mère et parce qu'ils fixent plus énergiquement le colorant employé pour les distinguer. Ce fait se produit d'ailleurs chez toutes les espèces. Mais, lorsque la sporulation va avoir lieu, les cellules nouvelles qui prennent naissance se reconnaissent à la disparition du bouton saillant situé au milieu des valves et par l'apparition de cornes plus épaisses que celles des individus végétatifs, toujours fortement colorées dès leur insertion, comme les valves sur lesquelles elles sont insérées; en outre, ces cornes sont régulièrement courbées en arc de cercle (fig. 32, 34). Ces cellules spéciales sont enveloppées par les parois de la cellule mère plus fortement colorées que chez les individus en pleine végétation. A ce moment, l'aspect des chaînes du *Ch. didymus* est bien caractéristique par l'opposition qui existe entre les cellules reproductrices avec leur paroi très colorée et leurs cornes robustes, régulièrement arquées, et les cellules végétatives aux cornes longues et fines (fig. 33 et planche II, fig. 2).

En outre, les fenêtres qui séparent les individus végétatifs sont à contour biconvexe,

(1) H.-H. GRAN, *loc. cit.*, p. 16, pl. I, fig. 9 et 10.

rétrécies au milieu par le bouton saillant, tandis que chez les individus reproducteurs elles sont très étroites et un peu rétrécies au milieu.

Bientôt les spores durables développent une valve opposée à la paroi des cellules filles qui s'encastre si complètement dans celle-ci qu'il est difficile de vérifier si une seconde valve vient s'emboîter dans la première ; cette seconde valve est étroitement appliquée contre la paroi de la cellule mère, il est difficile de la distinguer. Elle ne semble pas faire défaut, car, chez des individus, rares d'ailleurs, où les spores se sont légèrement déplacées, on aperçoit la seconde valve plane ou légèrement renflée au milieu (fig. 35, I). La formation des spores a lieu très rapidement après la division cellulaire, et la membrane de la

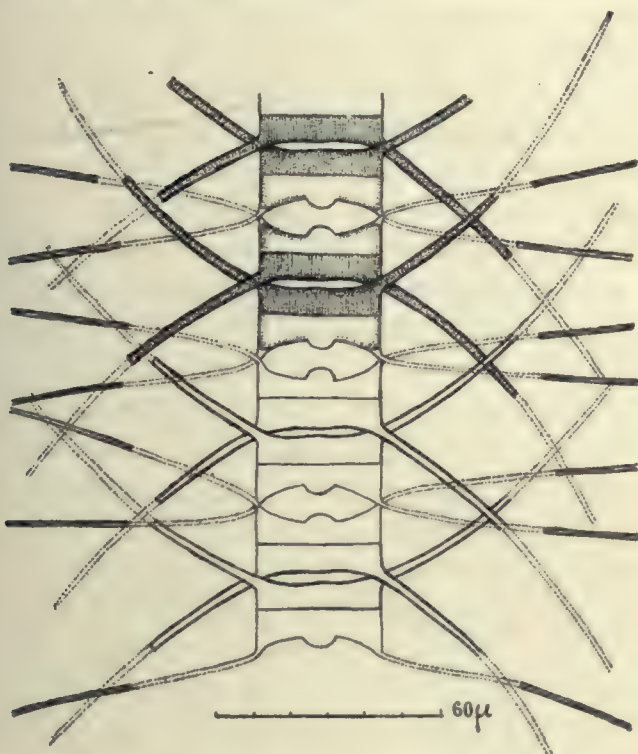


Fig. 33. — *Chaetoceros didymus* Ehr.

Chaîne observée au moment où les spores vont se former ; la différence des cornes chez les cellules végétatives et chez les cellules mères des spores est rendue plus sensible.

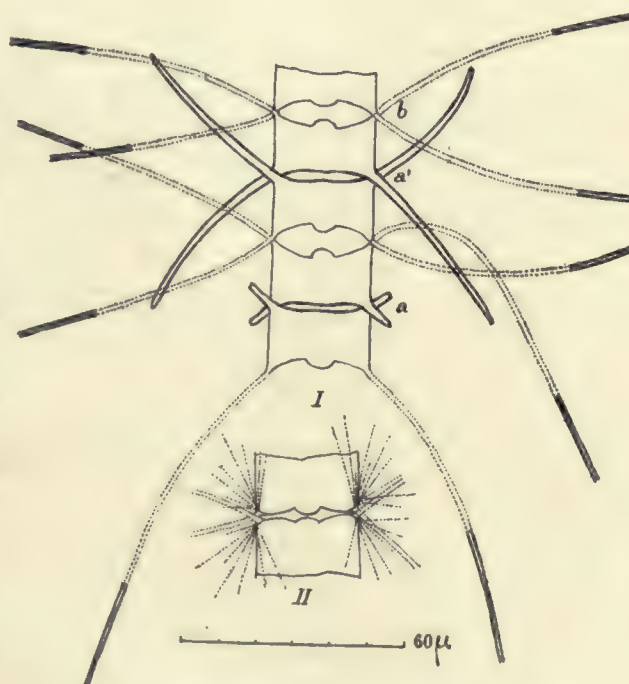


Fig. 34. — *Chaetoceros didymus* Ehr.

I. Individus montrant la formation des cornes *a*, *a'* des cellules mères des spores ; *b*, cornes des cellules végétatives ; II. Forme du *Ch. didymus*, voisine de la var. *aggregatus*, montrant les prolongements muqueux des valves.

cellule mère n'a pas encore eu le temps de se dissocier. A ce moment, il se produit très souvent une rapide désarticulation des chaînes par le déboîtement de la vieille valve végétative, et les deux spores sœurs, restant accolées par la membrane de la cellule mère non dissociée, sont mises en liberté. Leur face interne, accolée l'une à l'autre, est toujours munie des cornes robustes des cellules reproductrices. On trouve alors dans la préparation un grand nombre de spores jumelles qui ont été bien décrites et dessinées par Gran (1). La figure 35 et la planche II, fig. 3, représentent ces spores jumelles : on peut voir qu'elles sont

(1) H.-H. GRAN, *loc. cit.*, pl. 1, fig. 9 et 10,

réunies par la membrane de la cellule mère qui persiste et rend moins visible l'espace qui les sépare.

Dans quelques préparations, j'ai pu observer des cellules mères de spores assez jeunes pour que les cornes ne soient pas encore développées. La figure 34 montre l'un de ces individus dont les cornes ont à peine 10 μ de longueur. J'avais cru d'abord que ces courtes cornes représentaient la base brisée de cornes déjà bien développées; mais il est difficile d'admettre que les quatre cornes se soient brisées en même temps et au même

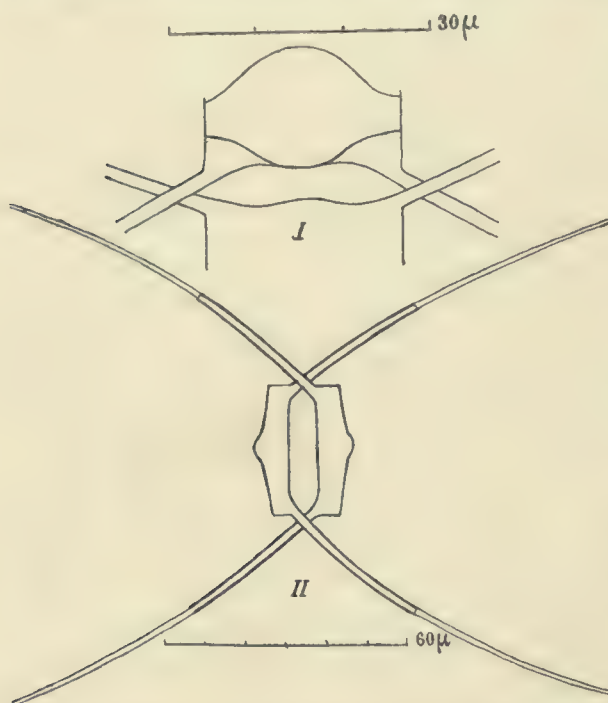


Fig. 35. — *Chaetoceros didymus* Ehr.

II. Spores jumelles de l'espèce normale ; I. Spore d'une forme plus étroite montrant que chacune d'elles présente deux valves.

niveau; en outre, on apercevait, à un fort grossissement, la cassure nette de ces cornes. Or, l'examen de l'extrémité montre que chaque corne est arrondie en ce point et n'a pas été brisée; ce sont donc bien des cornes en voie de croissance. La croissance de ces cornes paraît avoir lieu d'une manière différente de celle des cornes qui appartiennent aux cellules végétatives. En effet, nous avons vu que, chez ces dernières, quand les cellules sont adultes, les cornes présentent une extrémité très fortement colorée, reliée à la cellule par une région presque incolore; si on examine des individus végétatifs jeunes, les cornes qui sont en voie de formation sont toujours fortement colorées sur une partie de leur longueur, ce n'est que plus tard, à mesure que la cellule vieillit, que la partie colorée est repoussée au dehors par la région incolore qui s'est intercalée entre elle et le point d'insertion. Cette apparence semble donc indiquer que la croissance des cornes chez

les individus végétatifs est basilaire. Chez les individus reproducteurs, où les spores vont se former, les cornes robustes qui les caractérisent sont fortement colorées à la base et demeurent ainsi chez les individus adultes; mais toujours les extrémités de ces cornes sont incolores, à l'inverse de ce qui a lieu pour les individus végétatifs: cette partie incolore, toujours postérieure à la partie basilaire colorée, est donc plus récente, et la croissance aurait lieu dans ce cas par le sommet, elle serait basifuge au lieu d'être basipète.

On voit ainsi que le *Ch. didymus* est bien différent des autres espèces du même genre, d'une part, à cause des bouquets de filaments muqueux qui rayonnent autour des faces (fig. 34, II), par l'hétérogénéité de la membrane qui forme les soies, et enfin par les cellules mères spéciales des endocystes.

J'ai observé une fois (pêche n° 22) un individu vu par la face valvaire dans lequel les soies contiguës aux extrémités des valves étaient soudées sur une longueur de 6 à 8 μ .

J'ai cherché en vain à retrouver cette anomalie pour examiner l'aspect des chaînes qu'elle constitue.

Le *Chaetoceros didymus* présente des variétés intéressantes, dont l'une, le *Ch. didymus* var. *longicruris* Cleve, est depuis longtemps connue (fig. 36). Je l'ai rencontrée, mais toujours rare, dans un certain nombre de pêches. Elle est caractérisée, comme on le sait, par l'étroitesse de ses chaînes, par ses cornes très étroites et par l'écartement assez grand des individus qui composent la chaîne (fig. 36).

Une autre variété que j'ai découverte est tout l'opposé de celle-ci : elle forme des chaînes si compactes que l'espace laissé entre les cellules a presque disparu ; le bouton

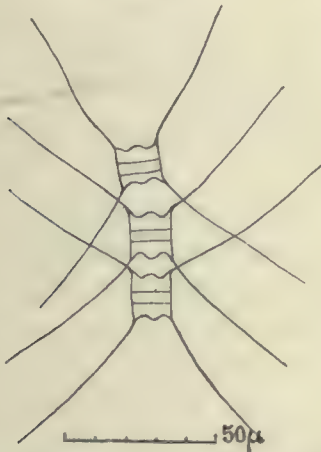


Fig. 36. — *Chaetoceros didymus* var. *longicruris*.

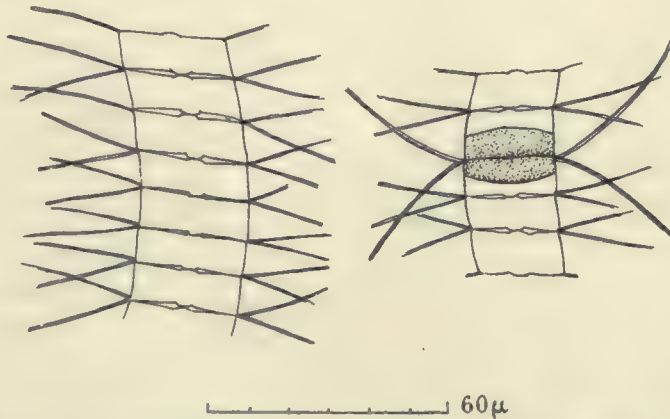


Fig. 37. — *Chaetoceros didymus* var. *aggregatus* var. nov. Chaîne stérile à gauche, chaîne fertile à droite montrant des spores jumelles (Cleve).

saillant est peu marqué, mais plus large, et débordé souvent sur les faces connectives ; enfin, les chaînes denses ainsi constituées sont toujours courbées en arc.

Cette variété présente d'ailleurs, comme le type, des individus particuliers servant à la formation des spores jumelles. Ces spores se forment de la même manière que chez le *Ch. didymus*, mais leurs valves sont planes ou à peine bombées. Je proposerai de désigner cette variété sous le nom de *Ch. didymus* var. *aggregatus* (fig. 37.) ainsi caractérisée.

Chaînes courtes, courbées dans le plan des faces connectives, compactes ; fenêtres intercellulaires absentes ou réduites à une fente très étroites ; bouton médian des valves à peine saillant. Endocystes à valves à peine bombées, toujours appariés avec les cellules mères qui les contiennent. Cornes des individus végétatifs étroites et divergentes ; celles des individus sporifères, plus larges et courbées en arc ; largeur des chaînes, 28-30 μ ; hauteur des individus (distance des valves), 10 μ . Pour le reste, tout est semblable au *Ch. didymus* type.

Ce dernier présente d'ailleurs un très grand nombre de formes qui sont plus ou moins voisines de la forme typique et oscillent entre les variétés *longicruris* et *aggregatus*. J'ai représenté, figure 34, II et Planche II, fig. 5, une forme voisine de la variété *aggregatus* et Planche II, fig. 6 et 7, une forme voisine de la variété *longicruris* mais à cornes plus épaisses.

CHÆTOCEROS GLANDAZI Mangin ; CHÆTOCEROS ROSTRATUS Lauder. — J'ai décrit cette espèce (1) pour des formes rencontrées très rarement dans un certain nombre de stations de la croisière du *René*. Pavillard (2) en a contesté la légitimité en ces termes : « Quant au soi-disant *Ch. Glandazi* Mangin, c'est encore une vieille connaissance. Je l'ai rencontré en janvier 1907, mais il avait été parfaitement décrit et figuré par Lauder, en 1864, sous le nom de *Ch. rostratus*. Il a été ensuite retrouvé dans les mers orientales par Cleve, Ostensfeld, Schmidt et Okamura..... »

La description et le dessin de Lauder ne sont pas aussi parfaits que Pavillard le donne

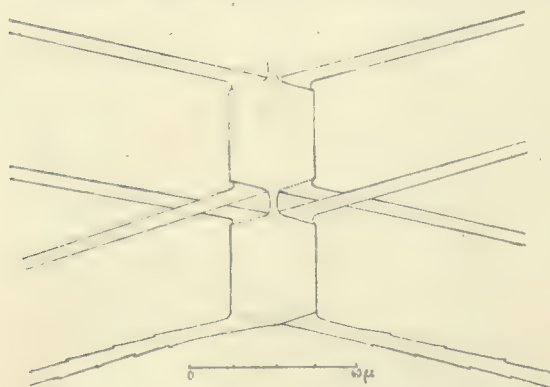


Fig. 38. — *Chaetoceros Glandazi* Mangin.

à penser. Voici, en effet, ce que dit Lauder (3) du *Chaetoceros rostratus* : « Il ressemble à *Ch. denticulatus*, mais habituellement plus petit sans le processus d'articulation des arêtes, et les valves ont un appendice central conique tubulaire qui est articulé avec l'appendice similaire de la valve adjacente. »

La mention de l'appendice qui réunit les valves est le seul caractère fourni par Lauder : encore cette mention est-elle inexacte, car il n'y a pas d'articulation des deux appendices contigus ; la membrane est continue d'une valve à l'autre,

en passant par l'appendice sans aucune interruption. En outre, l'absence de données sur les dimensions, sur la forme et la direction des cornes, rendent la description très incomplète.

Quant au dessin qui accompagne la description, il est insuffisant et erroné : non seulement il marque une articulation absente dans l'appendice, mais il figure des dents sur les cornes des individus composant la chaîne. Or, toutes ces cornes sont lisses, sauf les cornes terminales très nettement dentées et que Lauder n'a pas figurées.

Je suis trop partisan de la simplification de la nomenclature pour hésiter à abandonner le nom de *Ch. Glandazi*, si on le juge nécessaire ; mais les divergences qui nous séparent, Lauder et moi, sont trop grandes pour que je ne maintienne pas la diagnose que j'ai donnée et que je reproduis ici :

« *Frustulis recte concatenatis, cylindricis, 20-30 μ. altis, 15-20 μ. latis, canale axiali 5-6 μ. alte medio constricto inter se conjunctis; cornubus rectis plus minus 400 μ. longis, 5 μ. crassis chromatophora includentibus, media valvarum superficie terminali insertis; cornubus terminalibus denticulatis, intermediis lævibus; chromatophoris numerosis; sporis perdurantibus (cystis ignotis).* »

CHÆTOCEROS IMBRICATUS, nov. sp. — Une autre espèce, moins rare et disséminée dans un certain nombre de pêches, est constituée par le *Ch. imbricatus* qui se pré-

(1) L. MANGIN, Sur quelques algues nouvelles ou peu connues du Phytoplancton de l'océan Atlantique (*Bull. Soc. Bot. de France*, t. X, 4^e série, p. 344, 1910).

(2) PAVILLARD, Observations sur les Diatomées (*Bull. Soc. Bot. de France*, 4^e série, t. XI, p. 23, 1911).

(3) LAUDER, Remarks on the marine Diatomaceae found at Hong Kong with descriptions of new species. *Trans. micr. soc. XII 1864.*

sente sous l'aspect de chaînes courtes d'individus si serrés les uns contre les autres que les espaces intercellulaires ont disparu ou sont réduits à une fente très étroite. Les cellules, à section ovoïde-rectangulaire, présentent des soies très fines divergeant dès leur origine. En dedans de l'insertion des soies, chacune d'elles présente une apophyse qui vient s'appliquer sur la cellule suivante ou même qui se soude à elle d'une manière très intime; sur les bords valvaires des individus qui terminent les chaînes, ces apophyses, au nombre de deux, forment une saillie arrondie plus ou moins proéminente (fig. 39).

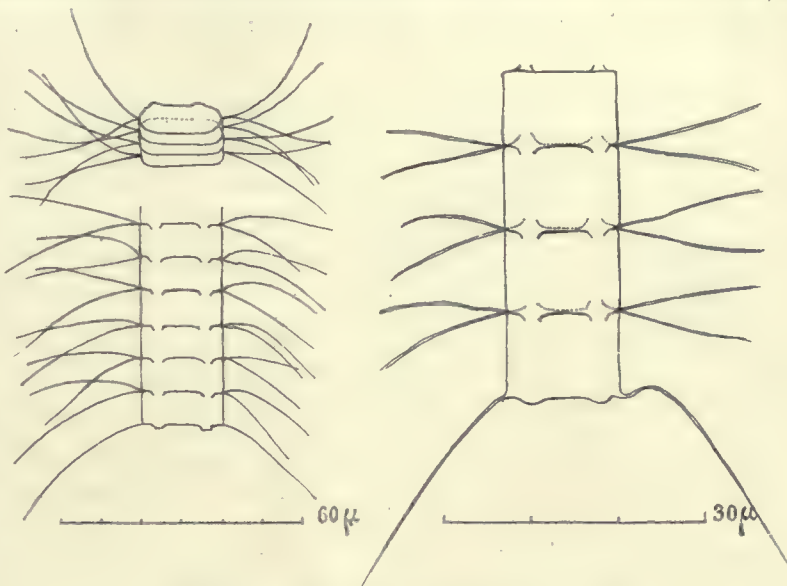


Fig. 39. — *Chaetoceros imbricatus*, nov. sp.

Formes vues par la face connective et par la face valvaire.

Les soies des cellules intermédiaires sont très étroites, divergentes, d'une épaisseur uniforme et entièrement lisses; les soies terminales sont un peu plus épaisses et terminées en pointe. Les dimensions sont les suivantes: largeur de la chaîne, 12 à 20 μ ; épaisseur des cellules (longueur de l'axe pervalvaire), 8 à 10 μ .

Voici la diagnose de cette espèce :

CHÆTOCEROS IMBRICATUS, nov. sp. — « *Catenis rectis leniterve flexuosis ambitu (evalvari facie visis) ovato-rectangulis; frustulis confertissimis, foraminibus intercellularibus nullis, connectivalt facie rectangulis, angulatim rotundatis, cornuum insertionem intus processus supra frustuli sequentis connectivalem faciem quacum plus minus absolute sese conjungunt productos, emittentibus; cornubus setas subtiles primitus divergentes, dein catenæ apicem versus curvatas efficientibus. Axi pervalvari 8-10 μ , apicali 12-20 μ , sporis (endocystis) ignotis* » (Océan Atlantique).

CHÆTOCEROS WEISSFLOGII Schütt. — Cette espèce, un peu plus étroite que le *Ch. teres*, lui ressemble beaucoup et ne peut en être distinguée que par les spores. J'ai montré (1) que les spores du *Ch. teres* ont bien leurs valves entièrement lisses; mais la ceinture diamétrale laisse échapper du côté de l'une des valves, la valve secondaire, une couronne de longs filaments de 20 à 30 μ de longueur. J'ai rencontré dans la pêche 22 un certain nombre d'exemplaires pourvus d'endocystes et que je rapporte au *Ch. Weissflogii*; mais ces endocystes ne répondent pas tout à fait à la description et aux dessins des auteurs.

(1) L. MANGIN, Observations sur les Diatomées (*Ann. Sc. nat., Botanique*, 9^e série, t. VIII, 1908, p. 209, fig. 6).

Schütt (1), qui a créé l'espèce, a figuré les spores avec l'une des valves d'abord cylindrique, terminée par une surface arrondie séparée de la région cylindrique par un étranglement; cette valve est couverte d'épines dans la partie arrondie; l'autre valve, très courte, est bombée comme un verre de montre et lisse.

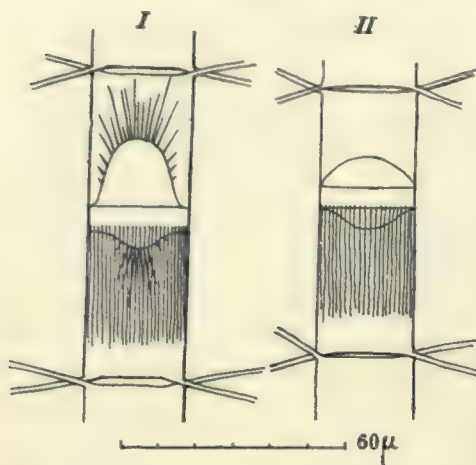


Fig. 40.— I. *Chaetoceros Weissflogii* Schütt;
II. *Chaetoceros teres* Cleve.

Individus avec spores munies de leurs ornements.

Cleve (2) donne un dessin déjà plus complet, sauf que la partie cylindrique est plus courte et présente sur ses deux bords une rangée marginale de soies ou d'épines; la valve lisse est moins bombée.

Les exemplaires que j'ai rencontrés sont un peu différents; les deux valves sont bombées, mais l'une l'est beaucoup plus que l'autre, et la ceinture cylindrique demeure étroite. Les deux valves sont couvertes d'épines, mais celles de la petite valve sont surtout groupées en un bouquet très serré au sommet de la région convexe. En outre, l'un des bords de la ceinture laisse échapper une garniture marginale de soies très fines, disposées comme je l'ai marqué chez le *Chaetoceros teres*; je n'ai pas vu la bande d'épines marginales figurées par Cleve dans la direction de la grande valve. Il y a peut-être là des différences individuelles que de nouvelles observations permettront de préciser.

CHÆTOCEROS sp. — Cette forme, trouvée dans la pêche 22, mais rarement, constitue des chaînes plus ou moins régulièrement tordues autour de leur axe longitudinal; en outre, la largeur de la chaîne n'est pas constante, parce que le diamètre des cellules qui la composent varie de 13 à 18 μ .

Les cellules sont rectangulaires, quand on les examine par la face connective; leur hauteur, mesurée par l'écartement des deux valves, varie de 5 à 10 μ , et les espaces intercellulaires sont étroits et varient de 2 à 4 μ ; leur largeur est uniforme, bien que parfois ils soient légèrement bombés au centre; les soies sont très fines; insérées aux angles des cellules, elles divergent vers l'extérieur en se croisant un peu en dehors des bords de la chaîne. Par ses dimensions et son allure générale, cette forme se rapprocherait du *Ch. tortisimus* Gran. Les fenêtres intercellulaires sont dans cette dernière espèce un peu plus étroites que dans la forme que j'ai rencontrée; mais le caractère qui l'en éloigne le plus est la présence de cellules spéciales terminant la chaîne, dont la valve externe, libre, est fortement bombée et qui paraissent, dans les échantillons que j'ai observés, dépourvues de soies; l'absence de soies dans la valve des cellules terminales est un caractère si rare et si nouveau parmi les espèces du genre *Chaetoceros* qu'il faudrait le vérifier sur un nombre d'exemplaires plus considérable (fig. 41).

(1) F. SCHÜTT, Arten von Chaetoceras und Peragallia. Ein Beitrag zur Hochseeflora (*Berichte. d. Deutsch. Bot. Gesells.*, 1895, Bd. XIII, p. 17, pl. V, 17 a).

(2) CLEVE, A Treatise of the Phytoplankton of the Northern Atlantic and its Tributaries, Upsala, p. 22, pl. II, fig. 7-9.

En tout cas, avec ces cellules terminales si spéciales, les chaînes ont un aspect très caractéristique de myriapodes, et le nom de *Ch. Scolopendra* conviendrait excellemment pour désigner cette forme, s'il n'avait déjà été employé pour une autre espèce et avec moins de raison.

Je ne puis, en raison de la rareté des matériaux examinés, préciser plus complètement la description de cette singulière forme. Si le caractère des cellules terminales devenait constant, on pourrait créer pour cette forme le nom de *Chætoceros Myriapodus* qui traduit bien l'aspect particulier des chaînes.

Coscinodiscus. — Les *Coscinodiscus* sont représentés par un petit nombre d'espèces dont deux sont parfois très abondantes : le *Coscinodiscus Oculus-Iridis*, richement représenté dans la première zone et absent ou sporadique dans les deux autres ; et le *Coscinodiscus Granii*, assez rare dans la première zone sauf dans les pêches 8, 9 et 17, assez commun dans la deuxième zone, puis presque inconnu dans la troisième.

COSCINODISCUS GRANII Gough. — Cette espèce a été démembrée du *Coscinodiscus concinnus* par Gough (1) et adoptée par Gran ; mais Peragallo en conteste la validité, parce qu'on aurait trouvé des formes de transition entre le *C. concinnus* type et le *C. Granii*. Elle est caractérisée parce que la face connective forme un cylindre tronqué dont les génératrices, dans la partie la plus courte, sont la moitié de la hauteur des génératrices de la partie la plus longue ; si ces rapports ne sont pas toujours conservés chez les individus que j'ai examinés, l'inégalité subsiste et les plans tangents aux deux valves bombées ne sont jamais parallèles comme dans le *C. concinnus* type. C'est donc avec raison que Gough a séparé cette forme spécifiquement.

La face connective est toujours lisse, sans ornements, sauf, dans la région médiane, une double ligne plus foncée qui limite la trace du plan de symétrie. Les valves sont pourvues de petites bandes saillantes, régulièrement disposées au bord comme les courtes divisions d'un cadran et couvertes de stries fines de $1\ \mu$ d'écartement. Ces stries se transforment peu à peu, vers la partie centrale, en ponctuations qui circonscrivent une aire axiale parsemée de ponctuations ou occupée par un réseau de grandes mailles.

Les stries sont parfois très difficiles à voir, notamment sur les individus non colorés ; seuls les petits traits saillants, régulièrement espacés de 10 ou 12 μ , sont visibles comme les divisions d'un cadran.

Les dimensions sont plus considérables que ne l'indique Gran : au lieu de 80 à 150 μ , j'ai mesuré en moyenne 160 à 380 μ , plus du double du *C. Granii*.

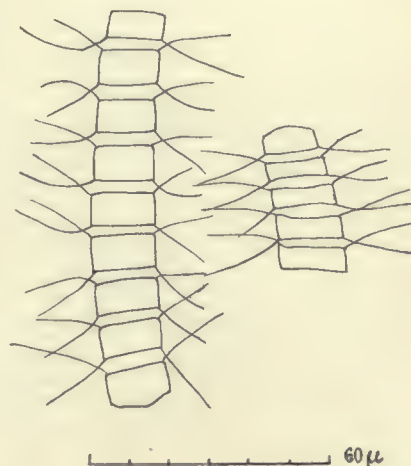


Fig. 41. — *Chaetoceros Myriapodus*, nov. sp.

(1) GOUGH, Report on the Plankton of the English Channel in 1903.

Comme la taille des individus est assez grande, les valves sont souvent brisées et déformées sous le poids de la lamelle couvre-objet; aussi, quand on veut les examiner en entier, faut-il placer des bandes de papier sous la lamelle, de manière à éviter l'écrasement. On peut alors les apercevoir sans déformation sous toutes les faces.

A côté de ces espèces, et plus rarement, j'ai observé des formes indéterminées.

Coscinodiscus sp. α . — Cette forme, rencontrée en petit nombre dans la pêche 17, est constituée par des valves arrondies, mais toujours légèrement déprimées au centre.

La face connective est lisse et a une épaisseur de 22 μ pour un diamètre de 124 μ ; les deux valves, dont les bords sont recourbés sur la face connective, ont une hauteur de 10 à 12 μ et sont couvertes d'un réseau de stries plus fines que chez les *C. Granii* (12 dans 10 μ). Elle ne présente pas de rosette centrale, ni d'épines ou de crêtes marginales.

On pourrait la rapprocher pour la forme du *C. subbulliens*; mais la finesse des stries et leur développement régulier sur toute la surface ne permet pas l'identification à l'une des espèces connues.

Coscinodiscus sp. β . — Cette espèce paraît avoir des valves aplaties; son diamètre varie de 235 à 266 μ , et sa surface est couverte d'un réseau de stries à mailles larges et très apparentes sur les bords: ces mailles se rétrécissent progressivement vers le centre et se transforment en une série de ponctuations très fines qui limitent une aire centrale régulière.

Parmi les espèces qu'il me reste à signaler, je citerai *Hemiaulus Hauckii*, espèce du plancton océanique tropical. Elle ne s'élève pas, d'après Cleve (1), au delà du 45° N. en novembre. Je l'ai rencontrée parfois en grande abondance dans toutes les pêches de la première zone, depuis les Sables d'Olonne jusqu'à l'Ile d'Yeu, c'est-à-dire jusqu'au 47° N. Ce serait la plus haute latitude pour cette espèce des mers chaudes. Dans les pêches (n°s 8 et 17) où elle était assez abondante, les individus formaient des chaînes de 4 à 5 cellules.

Stephanopyxis Turris. — Cette espèce, abondante dans la première zone, plus rare dans la deuxième, disparaît presque entièrement dans la troisième. Elle peut cependant se rencontrer bien plus haut dans le Nord.

Enfin le *Ditylium Brightwellii* et l'*Eucampia Zodiacus*, espèces de la région Atlantique tempérée, sont surtout dominants dans la deuxième zone, et l'*Eucampia Zodiacus* devient exceptionnellement dominant dans la troisième zone.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS

Si nous essayons de résumer les données qui figurent dans les tableaux annexés à ce travail, une première conclusion se dégage des résultats de la croisière du *René*: c'est la rareté des espèces et des individus au large des côtes. La pauvreté du plancton en espèces végétales est d'autant plus grande que les pêches sont effectuées plus au large.

(1) CLEVE, *loc. cit.*, p. 329.

En jetant les yeux sur la carte de l'itinéraire du *René*, on constate que MM. Anthony et Pérard ont poussé quatre pointes au large à des distances variant de 25 à 30 et à 40 milles marins :

- 1^o Large des Sables d'Olonne, pêche n^o 10;
- 2^o Large de l'Ile d'Yeu, pêche n^o 14;
- 3^o Large de Belle-Ile, pêche n^o 21;
- 4^o Large de Concarneau, pêches n^{os} 31 et 32;

La pêche n^o 10, pratiquée non loin des côtes, à 25 milles au plus, est déjà plus pauvre en Diatomées que les pêches voisines, mais elle renferme encore un assez grand nombre de Péridiniens.

La pêche 14, à 25 milles au large de l'Ile d'Yeu, bien plus éloignée des côtes, est beaucoup plus pauvre et ne contient pas d'espèces dominantes. Enfin, les pêches 21 et 32, à 30 ou 40 milles des côtes, ont fourni d'abord un plancton très réduit, renfermant surtout des matières inertes. La pêche 21 n'a présenté que quelques *Coscinodiscus Oculus-Iridis* et un *Ceratium Fusus*; la pêche 32 contenait quelques *Dinophysis*, *Peridiniopsis* et *Peridinium* avec un petit nombre de *Rhizosolenia alata*; quant à la pêche 31, elle n'a fourni aucun reste vivant et a dû être rayée du tableau de distribution des espèces. C'est donc au voisinage des côtes que le Phytoplancton s'est montré abondant au mois de septembre 1908.

Cette constatation, relative à la pauvreté du plancton végétal récolté au large, a été déjà formulée pour d'autres régions par un certain nombre d'observateurs, notamment par J. Hjort (1). Il serait intéressant de vérifier, par des pêches méthodiques, si ce phénomène est constant dans l'océan Atlantique correspondant à nos côtes, et quelle relation il présente avec les courants.

L'abondance et la variété du Phytoplancton de la zone côtière ne correspondent pas à une constitution uniforme de la flore superficielle, puisque nous avons dû distinguer, au début de ce travail, trois régions principales. La première région, qui va des Sables d'Olonne à l'embouchure de la Loire, est caractérisée par l'abondance et la variété des *Ceratium* et de certains Péridiniens. *Ceratium Candelabrum* et *Ceratium gibberum* constituent les espèces dominantes avec *Rhizosolenia alata* forma *corpulenta*, *Rh. robusta* et *Coscinodiscus Oculus-Iridis*. Quelques espèces méridionales remontent dans cette zone, notamment *Hemiaulus Hauckii*, qui présente dans cette région son maximum d'extension au Nord. Il n'y a dans cette zone qu'une région pauvre : c'est la baie de Bourgneuf (pêche n^o 19) dont le plancton, très peu abondant, était presque entièrement privé d'organismes vivants.

Dans la deuxième région, les *Ceratium* ont disparu ou ne se montrent plus qu'à l'état aberrant; les Péridiniens sont plus rares, sauf *Peridinium divergens*, *P. ovatum* et *Peridiniopsis assymetrica*.

Parmi les Diatomées, le *Bacteriastrum varians* devient dominant, et les espèces du genre *Chaetoceros* sont extrêmement variées, puisque, dans une pêche (n^o 22), on ne compte

(1) J. HJORT, Die Tiefsee Expedition des « Michael Sars » nach dem Nordatlantik im Sommer 1910 (*Intern. Revue der. Gesamt. Hydrob. u. Hydrogr.*, Bd. IV. 152 et 335, 1911).

pas moins de 21 espèces de ce genre. Les *Ch. densus*, *Ch. didymus*, *C. decipiens*, *Ch. curvisetus* et *Ch. pseudo-curvisetus* sont assez riches en individus.

Le *Rhizosolenia alata* et ses variétés continuent à être abondants, mais la forme *corpulenta* va presque disparaître, tandis que la forme typique domine. Le *Rhizosolenia Stolterfothii* prend sa plus grande extension. A ces espèces, il faut ajouter comme dominants l'*Eucampia Zodiacus*, le *Ditylium Brightwellii* et le *Coscinodiscus Granii*.

La troisième zone, de Concarneau à la baie de Douarnenez, voit disparaître le *Bacteriastrum varians*, le *Coscinodiscus Granii*, le *Ditylium Brightwellii*, ainsi que la plupart des *Chaetoceros*. Par contre, le *Rhizosolenia alata* et sa forme *genuina* deviennent dominants avec des alternatives d'importance. La disparition des *Ceratium* est presque complète et les Péridiniens ne persistent plus qu'en petit nombre avec *Peridinium divergens*, *P. depressum*, *P. oceanicum*, *Peridiniopsis asymetrica* et *Dinophysis Homunculus*.

L'ensemble des espèces récoltées dans les diverses pêches de la croisière du *René* offre nettement le caractère d'un plancton de l'Atlantique tempéré. En comparant les données que j'ai recueillies avec celles de Cleve (1), on constate, en effet, en laissant de côté les espèces rares ou nouvelles, que, sur 56 espèces, il en existe 31 qui appartiennent à l'Atlantique tempéré, soit 16 espèces océaniques et 15 espèces néritiques. Parmi elles quelques-unes sont dominantes comme le *Rhizosolenia alata*, le *Rh. alata*, var. *corpulenta*, le *Bacteriastrum varians*, l'*Eucampia Zodiacus*, le *Ditylium Brightwellii* et le *Rh. Stolterfothii*.

La distribution des courants le long des côtes tendrait à y amener un nombre d'espèces des régions chaudes plus grand que le nombre des espèces des régions arctiques. C'est cependant l'inverse qui a lieu, puisque nous ne comptons que 8 espèces des régions tropicales contre 17 des régions arctiques et boréales.

Toutefois, la répartition de ces espèces n'est pas uniforme dans les trois régions que nous avons distinguées. En effet, les espèces d'origine tropicale ou subtropicale sont surtout représentées dans la première région des Sables d'Olonne et de l'Île d'Yeu; là, on rencontre comme espèces dominantes *Ceratium Candelabrum*, *Ceratium gibberum* et comme espèces accessoires, *Rhizosolenia robusta*, *C. massiliense* et *Hemiaulus Hauckii*; cette dernière espèce atteint une limite Nord supérieure à celle que Cleve lui avait assignée.

La deuxième zone renferme peu d'espèces de l'Atlantique tropical: c'est là que se trouvent les dominantes de l'Atlantique tempéré avec *Bacteriastrum varians*, *Ditylium Brightwellii*, *Eucampia Zodiacus*, *Rhizosolenia Stolterfothii* et *Rh. alata*. Les espèces arctiques y sont déjà présentes en assez grand nombre, et le genre *Chaetoceros* est richement représenté en espèces.

La troisième zone présente, en général, un plancton plus pauvre et beaucoup moins varié en espèces que les deux régions précédentes. Les seules dominantes sont les *Rhizosolenia alata* et la forme *gracillima*.

(1) CLEVE, The seasonal distribution of atlantic plankton organisms. Göteborg, 1901.

ANNEXE

Examen du contenu intestinal des Sardines.

Concurremment avec les pêches de plancton, M. Anthony a procédé à la pêche de Sardines en supprimant, autant que possible, l'emploi de la rogue pour permettre l'examen des matériaux qui composent la nourriture normale de ces poissons.

J'ai examiné ces récoltes. Les poissons ont été disséqués de manière à enlever le tube intestinal; pour éviter les erreurs dues à l'emploi de la rogue, on a toujours séparé l'intestin de l'estomac, et c'est le contenu de l'intestin seul qui a été analysé. Comme il est mélangé à de nombreux débris et à des cellules épithéliales, on a recueilli, sous forme de boudins moulés sur l'intestin, le contenu de ce dernier, puis on a broyé le tout très finement dans l'eau; le liquide trouble, ainsi obtenu, a été soumis à l'ébullition dans une solution de potasse à 5 p. 100 avec addition d'azurine brillante et de rosazurine. Après décantation et lavage, le résidu, examiné au microscope, a permis de reconnaître très aisément les débris de Périidiniens. Comme certaines Diatomées délicates pourraient échapper à l'examen par l'emploi de ce procédé, on a recueilli à part une partie du contenu de l'intestin pour le colorer par l'hématoxyline.

I. — Sardines pêchées le 11 septembre.

Les individus examinés avaient 11^{cm},5 de longueur et 2 d'épaisseur.

Contenu intestinal depuis les appendices pyloriques jusqu'à la région anale.

Ceratium désarticulés, ordinairement indéterminables. On n'a pu identifier avec certitude :

Ceratium Fusus (Ehr.) Clap. Lachm ;

Ceratium gibberum Gour.

Les autres Périidiniens rencontrés souvent entiers, parfois désarticulés, sont :

Peridinium depressum Bail. ;

Peridinium divergens Ehr.;

Peridinium oceanicum Vanh. ;

Peridiniopsis assymetrica Mangin ;

Dinophysis acuta Ehr.

Tandis que les Périidiniens sont abondants, les Diatomées sont rares et représentées seulement par :

Coscinodiscus Oculus-Iridis Ehr. ;

Melosira Borreri Grev.

Ces débris ou ces organismes entiers étaient mélangés à de très nombreux crustacés.

II. — Sardines achetées en mer le 12 septembre 1908.

Longueur, 11^{cm},5 à 12^{cm},5 ; largeur, 2 centimètres.

T. IV. — FASC. I. — MANGIN.

CONTENU DE L'INTESTIN. — *Ceratium* désarticulés parmi lesquels on a pu distinguer :

Ceratium Candelabrum (Ehr.) Stein ;

Ceratium gibberum Gour. ;

Ceratium reticulatum (Pouchet) Cleve.

Plusieurs espèces de *Dinophysis* avec leurs valves séparées :

Dinophysis acuta Ehr. ;

Dinophysis Homunculus Stein.

Dinophysis Ovum Schütt ;

Exuviella marina Schütt, entiers ;

Goniodoma polyedricum séparés au niveau de la ceinture transversale ;

Peridiniopsis assymetrica Mangin, entiers ;

Peridinium depressum Bail., entiers ;

Peridinium divergens Ehr., entiers, avec kystes ;

Peridinium oceanicum Vanh., entiers ;

Peridinium Steinii Jörg., entiers ;

Phalacroma minutum Cleve, entiers ;

Prorocentrum micans Ehr.

Parmi les Diatomées, nous avons rencontré :

Chaetoceros decipiens Cleve (1 exemplaire) ;

Coscinodiscus Granii Gough ;

Coscinodiscus Oculus-Iridis Ehr. ;

Melosira Borreri Grev. ;

Rhizosolenia setigera Brtw. (1 exemplaire).

Enfin de nombreux crustacés entiers et désarticulés.

III. — Sardines pêchées le 13 septembre 1908.

Longueur des individus, 10^{cm},5 ; largeur, 2 centimètres.

CONTENU DE L'INTESTIN. — *Ceratium Candelabrum* (Ehr.) Stein, désarticulés ;

Ceratium gibberum Gour., désarticulés ;

Ceratium reticulatum (Pouchet) Cleve, désarticulés ;

On trouve peut-être les débris du *Ceratium macroceros* et du *C. massiliense*, mais l'identification de ces espèces n'est pas certaine.

Dinophysis acuta Ehr., réduits à une de leurs valves ;

Dinophysis rotundata Clap. Lachm., réduits à une de leurs valves ;

Dinophysis Ovum Schütt, réduits à une de leurs valves ;

Goniodoma polyedricum (Pouchet) Jörg., désarticulés au niveau de la ceinture transversale ;

Peridiniopsis assymetrica Mangin, entiers :

Peridinium crassipes Kof., entiers ;

Peridinium depressum Bail., entiers ;

Peridinium divergens Ehr., entiers et désarticulés ;

Peridinium oceanicum Vanh., entiers et désarticulés ;

Peridinium ovatum (Pouchet) Schütt, entiers;

Peridinium pentagonum Gran, entiers ;

Phalacroma minutum Cleve, entiers ;

Coscinodiscus Granii Gough, déformés et brisés en partie à cause de leur taille et de la fragilité de leurs valves ;

Coscinodiscus Oculus-Iridis Ehr., entiers ;

Rhizosolenia sp., un échantillon.

Enfin des crustacés nombreux et désarticulés.

IV. — Sardines achetées au marché le 13 septembre 1908.

Longueur des individus, 10^m,5 ; largeur, 2 centimètres.

Ces sardines étaient affamées et leur intestin était presque vide.

Les Péridiniens rencontrés exclusivement dans le tube intestinal sont presque tous dissociés, sauf le *Peridiniopsis assymetrica* Mangin :

Ceratium Fusus (Ehr.) Clap. Lachm. ;

Ceratium gibberum Gour. ;

Dinophysis acuta Ehrb. ;

Dinophysis Ovum Schütt ;

Peridiniopsis assymetrica Mangin ;

Peridinium depressum Bail. ;

Peridinium divergens Ehr. ;

Peridinium oceanicum Vanh.

Crustacés nombreux.

V. — Sardines pêchées le 14 septembre 1908.

Les individus, plus grands, ont une longueur qui oscille entre 0^m,18 et 0^m,165, et leur largeur varie de 3^m,5 à 3 centimètres.

Le phytoplancton est à peine représenté dans l'intestin de ces Sardines, mais les Crustacés sont toujours très nombreux. On a trouvé entiers :

Peridiniopsis assymetrica Mangin ;

Prorocentrum micans Ehr.

A l'état de débris plus ou moins complètement désarticulés et parfois de détermination difficile ou impossible :

Peridinium depressum Bail. ;

Peridinium divergens Ehr. ;

Rhizosolenia alata Btw., très rare.

C'est surtout pour cette pêche et pour la pêche suivante qu'il a été nécessaire de refaire plusieurs observations de contrôle, afin de s'assurer que certaines formes n'avaient pas échappé aux premières constatations.

VI. — Sardines pêchées le 19 septembre 1908, entre Lorient et Concarneau. Annexe à la pêche n° 27.

Longueur, 18 à 17 centimètres; largeur, 3^m5 à 2 centimètres.

Comme chez les individus de la pêche précédente, le phytoplancton est à peine représenté dans l'intestin des poissons de cette pêche, mais les crustacés sont extrêmement nombreux :

Peridiniopsis assymetrica Mangin, entiers;

Prorocentrum micans Ehr., entiers;

Dinophysis Homunculus Stein, valves séparées.

En outre, quelques débris de Péridiniens désarticulés, appartenant aux espèces suivantes :

Peridinium depressum Bail. ?;

Peridinium oceanicum Vanh ;

Très rares débris de *Ceratium* ;

Coscinodiscus Oculus-Iridis Ehr. ;

Melosira Borreri Grev.

Les observations que je viens de rapporter sont trop peu nombreuses pour me permettre de formuler des conclusions fermes ; mais il s'en dégage un certain nombre de données qui peuvent servir à l'élaboration d'un programme de recherches destinées à préciser davantage la relation qui existe entre la composition d'un phytoplancton dans une région déterminée et la nature des organismes végétaux dont la Sardine fait sa nourriture dans ces mêmes régions.

Il me paraît utile de passer en revue les travaux publiés sur cette question.

L'examen de la nourriture des Sardines a fait l'objet d'un certain nombre d'observations. Pouchet et de Guerne (1) ont annoncé qu'à Concarneau, au mois de juin 1882, l'estomac des Sardines renfermait uniquement des Copépodes pélagiques de grande taille. Au mois de juillet, d'août et de septembre de la même année, la nourriture devient variable, suivant la composition de la faune et de la flore pélagiques. Ce sont des Copépodes, des Cladocères, des embryons et œufs de petits Crustacés, des *Tintinnodea*, des spicules de Radiolaires, quelques *Peridinium divergens* et un grand nombre de cornes de *Ceratium* écrasés.

Les Sardines pêchées à la Corogne ont présenté surtout des Péridiniens... « Mais l'intérêt principal des viscères provenant de la Corogne est dans l'abondance des Péridiniens qui les remplissent : *Peridinium divergens* et *P. polyedricum* (*Goniodoma*). Ce dernier, qu'on n'avait signalé jusqu'à ce jour que sur les côtes de Provence, comble littéralement le tube digestif de nos Sardines. »

Marion (2) constate qu'à un moment donné les Diatomées pélagiques (*Rhizosolenia*) sont extrêmement abondantes dans le golfe, et on les retrouve dans l'estomac des Bogues et des Sardines.

(1) POUCHET et DE GUERNE, Sur la nourriture de la Sardine (*Comptes Rendus*, t. CIV, 1887, p. 712-715).

(2) A.-F. MARION, Remarques générales sur le régime de la faune pélagique du golfe de Marseille durant l'année 1890 (*Annales du Musée de Marseille*, 1891, p. 128).

Gourret (1) a examiné le contenu de l'estomac de poissons très différents ; il y signale la présence de Zostères, de Crustacés, d'Annélides, de Mollusques et d'autres poissons, mais ne dit rien du plancton végétal.

Canu (2) a constaté l'abondance des Diatomées dans la Manche et donné la liste suivante des espèces les plus abondantes :

... Diverses espèces de *Chaetoceros* (*Ch. boreale*, *Ch. secundus*), de *Rhizosolenia* (*Rh. Stolterfothii*) ; *Skeletonema*, deux espèces ; *Pyxilla baltica* ; *Eucampia Zodiacus* ; *Asterionella* (*Ralfsii* ?) ; *Biddulphia aurita*, *Baileyi* ; *Coscinodiscus* ; *Nitzschia* ; *Eupodiscus Argus*, etc.

Examinant le contenu de l'intestin des grandes Sardines adultes, celles qu'on nomme à Boulogne *célans* ou *célins*, Canu a trouvé qu'il était « rempli des algues pélagiques citées plus haut, plutôt que de Copépodes ou autres animaux ».

Plus récemment, Cépède a donné une liste assez longue des Diatomées rencontrées dans l'estomac des Sardines de la région de Wimereux (3).

Ces sardines avaient 5 à 6 centimètres de longueur.

« L'espèce de Diatomée dominante est le *Biddulphia Rhombus* ; avec elle, j'ai rencontré les espèces suivantes : *Actinopterychus splendens* commun, *Actinopterychus undulatus* commun ; *Triceratium alternans*, *T. Favus*, communs ; *Biddulphia mobiliensis* commun, *Belleriochea Malleus* assez commun ; *Coscinodiscus excentricus* commun, *C. subtilis* assez commun, *C. subtilis* var. *Normani* rare, *C. radiatus* commun ; *Eupodiscus Argus* commun ; *Grammatophora marina*, *serpentina*, assez rares ; *Melosira Jürgensii*, *sulcata*, communs ; *Navicula Clepsydra* assez rare, *N. fusca* var. *delicatula*, *N. Musca*, *N. granulata*, *N. palpebralis*, rares ; *Nitzschia longissima* var. *Closterium* assez commun ; *Raphoneis*, *Surirella*, communs. »

A. Steuer (4) a fait connaître le résultat de ses observations sur les Sardines de l'Adriatique. L'intestin des individus qu'il a examinés, et dont il ne donne pas d'ailleurs les dimensions, renferme du plancton animal avec des Copépodes, surtout des larves de Squille, des Sagitta, des œufs de poissons ; le plancton végétal fait entièrement défaut et notamment les Péridiniens.

Dans un travail d'une rare prolixité, Mader (5) a effleuré aussi la question de la nourriture de la Sardine, mais c'est pour avertir le lecteur qu'il se « dispense d'entrer dans de plus longs détails qui, après les recherches des auteurs déjà cités, ne seraient qu'une inutile répétition ».

Une si grande réserve, chez un auteur qui ne se recommande pas par la concision,

(1) P. GOURRET, Examen de la pâture de quelques poissons comestibles du golfe de Marseille (*Annales du Musée de Marseille*, 1891, p. 30).

(2) CANU, Notes de Biologie marine, fauniques ou ethnologiques. IV. Diatomées et Algues pélagiques abondantes dans la Manche du N.-E (*Ann. de la Station aquicole de Boulogne-sur-Mer*, t. I^{er}, 1893, p. 113-116).

(3) CÉPÈDE, Contribution à l'étude de la nourriture de la Sardine (*Comptes Rendus*, t. CXLIV, 1907, p. 771) ; — Quelques remarques sur la nourriture de la Sardine (*Comptes Rendus*, t. CXLIV, 1907, p. 865).

(4) A. STEUER, Materialien zur einer Naturgeschichte der adriatischen Sardine. IV. Trophologie (*Oesterreichische Fischerei-Zeitung*, n° 11, p. 278, 1908).

(5) MADER, Recherches sur la Sardine du golfe de Gascogne (*Bull. Stat. Biol. Arcachon*, 12^e année, 1909, p. 175).

tendrait à laisser soupçonner que les faits observés par Mader ne sont pas aussi abondants que son style.

Enfin Kishinouye (1) a signalé dans un récent travail des données intéressantes comme celles qui ont été indiquées plus haut, sur les Sardines du Japon.

Les faits que je viens de rappeler montrent que la Sardine, très éclectique dans le choix de la nourriture, se trouve sous la dépendance des variations de la faune et de la flore pélagiques de la région où elle vit, comme l'avaient affirmé Pouchet et de Guerne.

Il faut remarquer, toutefois, que les premières observations sont insuffisantes, en ce qu'elles ne tiennent pas compte des dimensions des poissons ayant servi aux recherches, et Cépède a eu raison de signaler cette lacune qui rend impossible la comparaison entre les résultats.

Les observations que j'ai pu faire, bien que très incomplètes, permettent de dégager deux conclusions intéressantes.

Et d'abord la Sardine fait un choix parmi les aliments que lui offre le plancton au milieu duquel elle vit. On a pu remarquer que la plupart des Sardines que j'ai examinées viennent de la région des Sables d'Olonne. Là, au moment de la pêche, le plancton renfermait comme espèces dominantes des Diatomées, telles que le *Rh. alata* var. *corpulenta*, associé au *R. robusta*, puis moins abondants l'*Hemiaulus Hauckii*, le *Stephanopyxis Turris*, le *Chaetoceros decipiens*, le *Ch. curvisetus*, etc.

Or, on ne rencontre aucune de ces espèces dans l'intestin des Sardines, sauf le *Coscinodiscus Oculus-Iridis* et le *Melosira Borreri*.

Par contre, l'intestin de ces poissons renferme un grand nombre de Péridiniens, soit désarticulés comme les *Ceratium*, soit entiers comme les diverses espèces du genre *Peridinium*.

Les Sardines ont donc choisi, dans le plancton, les Péridiniens de préférence aux Diatomées. Ce n'est que par exception que j'ai rencontré une fois le *Chaetoceros decipiens* et un *Rhizosolenia*.

On conçoit que les Sardines ne soient pas très friandes des *Chaetoceros*, des *Bacteriastrium* et des *Rhizosolenia*, à cause des épines ou des soies qui hérissent latéralement ou qui terminent les individus. D'ailleurs, W.-H. Shurlock (2) tend à considérer les Diatomées comme nuisibles à la fois aux animaux de surface et de fond. Ces végétaux, d'après l'auteur, chasseraient les Copépodes, etc., de leur habitat ordinaire, et les poissons plats ne viendraient pas fréquenter les bancs accoutumés, lorsque ceux-ci sont baignés par une eau chargée de Diatomées. Ces observations, qui demanderaient à être vérifiées, peuvent s'appliquer aux Diatomées pourvues de cornes, d'épines ou de soies; elles ne sont pas justifiées pour les espèces que Canu et Cépède ont signalées dans l'intestin des Sardines de la Manche.

(1) KISHINOUE, Notes on the natural History of the Sardine (*Journal Imp. Fish. Bureau*, XIV, Tokyo, 1907).

(2) W.-H. SHURLOCK, Nature, 9 juin 1887 (*Journal of national Fish culture Association*, vol. I, p. 337).

Quoi qu'il en soit, nous devons retenir que les Sardines peuvent choisir leurs aliments et que les Périidiniens sont recherchés par elles (1) de préférence.

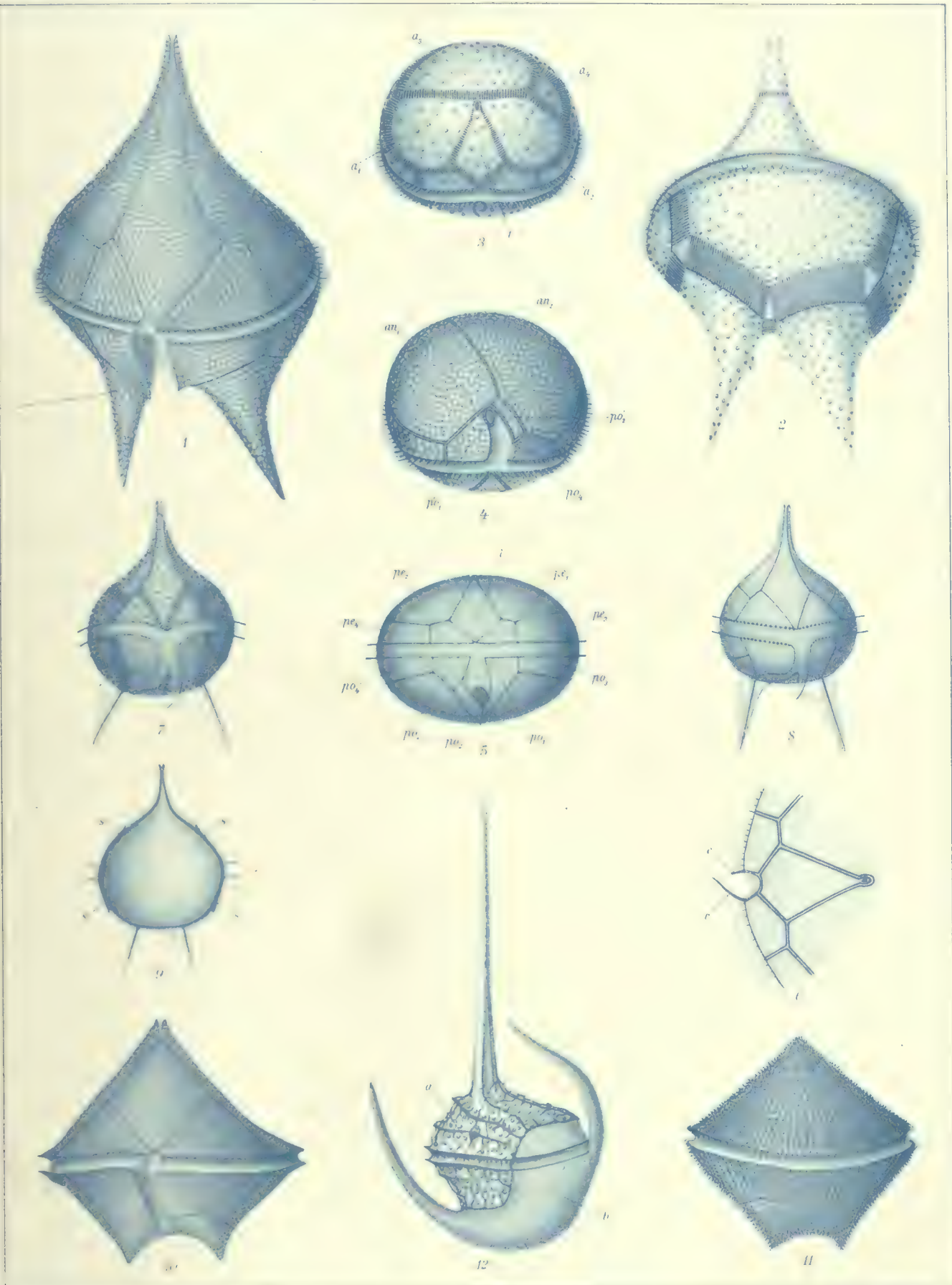
D'un autre côté, si l'on compare le contenu de l'intestin des petites Sardines dont la dimension oscille entre 10 et 12 centimètres et celui des Sardines plus grandes (longueur 18-16 centimètres), on s'aperçoit que, si les Crustacés sont abondants chez tous les individus, la flore est beaucoup plus riche et plus variée chez les petites Sardines que chez les grandes, bien que toutes aient vécu dans la même région.

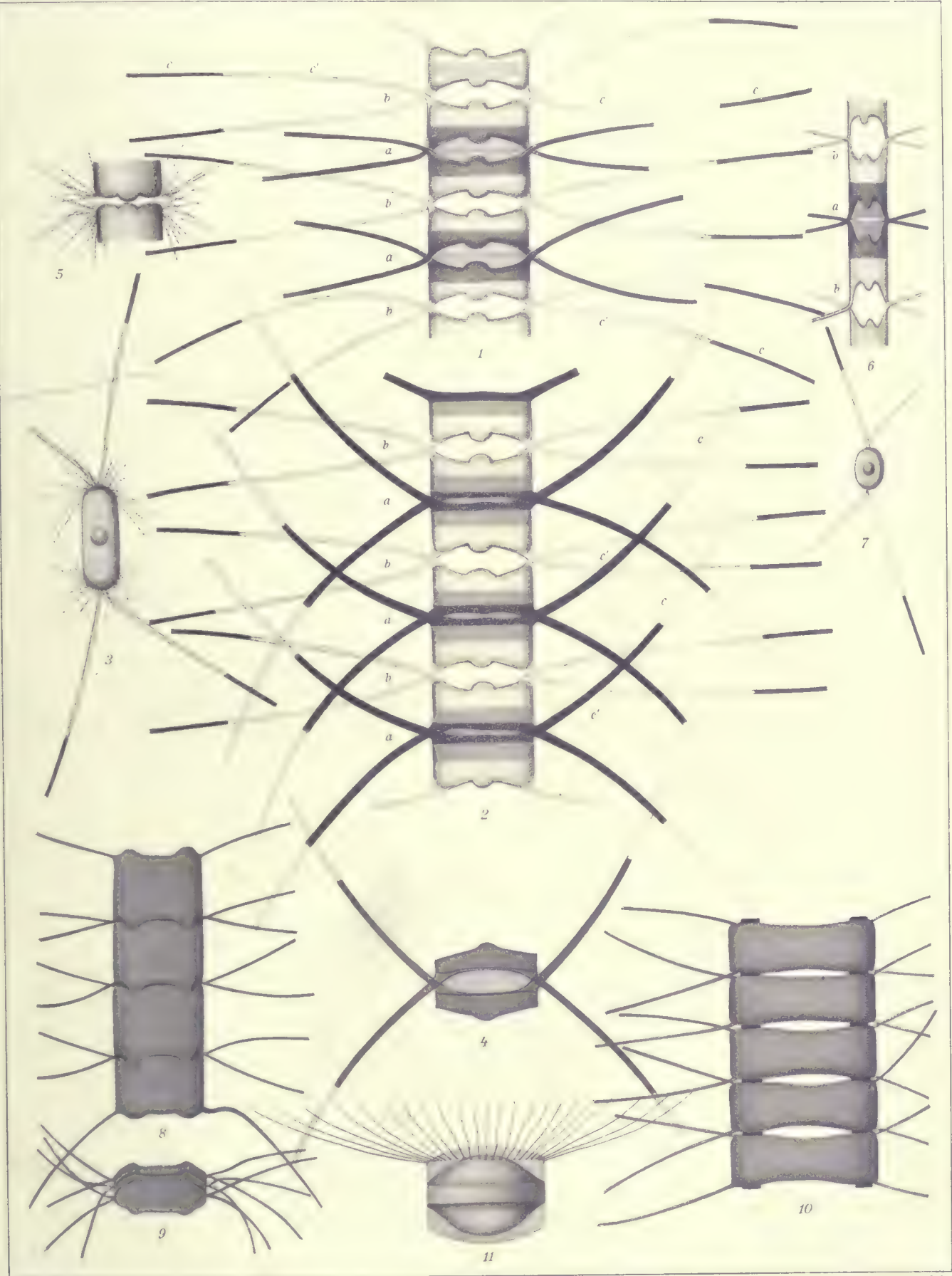
Ainsi, dans la pêche n° 2, nous avons compté 20 espèces, dont 16 Périidiniens dans l'intestin des poissons, de 11 à 12 centimètres; dans la pêche n° 3, chez des Sardines de 10^{cm},5 il renfermait 17 Périidiniens et 3 Diatomées; tandis que, dans la pêche 5, chez des Sardines de 16^{cm},5 à 18 centimètres, nous n'avons trouvé que 5 espèces, dont 4 Périidiniens.

En somme, les quelques observations qui précèdent nous font soupçonner que les Sardines choisissent de préférence dans le plancton, avec les Crustacés, les Périidiniens et qu'elles délaissent les Diatomées, surtout celles qui sont pourvues d'épines et de soies; en outre, les jeunes Sardines paraissent faire une consommation plus grande de Phyto-plancton que les Sardines plus âgées.

Il serait intéressant de faire de nouvelles observations entreprises parallèlement dans les mêmes régions sur la constitution du plancton et sur le contenu de l'intestin des Sardines, afin de vérifier la relation que j'ai signalée et qui prendrait ainsi une signification de grande valeur au point de vue de la pêche.

(1) Ce fait n'est pas spécial aux Sardines; j'ai constaté que les Crustacés de la rade de Saint-Vaast-la-Hougue, où les Périidiniens sont toujours rares, recherchent ces algues de préférence aux Diatomées, car on ne trouve dans leurs excréments que des carapaces de Périidiniens sans trace de Diatomées (*Voy. Internationale Revue d. gesaint. Hydrobiologie und Hydrographie*, Bd. IV, p. 44, Sur les modifications de la cuirasse chez quelques Périidiniens).





L. Mangin del.

Werner u. Winter, Frankfurt a/M.

EXPLICATION DES PLANCHES

PLANCHE I.

FIG. 1 et 2. — *Peridinium oceanicum* Vanhoffen.

1. Individu jeune, vu par la face ventrale, montrant les sutures étroites et le réseau des plaques de la cuirasse.
2. Individu plus âgé, vu par la face dorsale, montrant les sutures larges striées et les plaques couvertes de ponctuations; le réseau primitif a disparu.

FIG. 3, 4, 5, 6. — *Peridiniopsis assymetrica* nov. sp.

3. Individu âgé, vu par la face apicale avec les sutures larges striées et les plaques couvertes de ponctuations : *l*, plaque en losange ; *a*₁, *a*₂, *a*₃, plaques apicales ; *a*₁, plaque asymétrique gauche.
4. Individu jeune, vu par la face antapicale, montrant les sutures étroites dédoublées et le réseau des plaques parsemé de ponctuations peu apparentes : *an*₁, *an*₂, plaques antapicales ; *po*₁, *po*₂, ..., plaques post-équatoriales ; *po'*₃, post-équatoriale supplémentaire droite.
5. Individu vu par la face ventrale, à sutures étroites et à plaques lisses dépourvues du réseau : *l*, plaque en losange ; *pe*₁, *pe*₂, *pe*₃, *pe*₄, ..., plaques pré-équatoriales ; *po*₁, *po*₂, *po*₃, *po*₄, ..., plaques post-équatoriales ; *po'*₃, plaque post-équatoriale supplémentaire.
6. Fragment d'un individu montrant la jonction de la collerette de la face antapicale qui borde le sillon transversal avec les ailes *c* et *c'* qui limitent le sillon longitudinal.

FIG. 7, 8 et 9. — *Peridinium macrospinum* nov. sp.

7. Individu âgé, vu par la face ventrale, avec ses sutures striées larges et les plaques couvertes de ponctuations.
8. Individu jeune, vu par la face ventrale, avec ses sutures linéaires et les plaques de la cuirasse entièrement lisses.
9. Individu vu en coupe axiale, montrant que la paroi épaisse est fortement colorée à la partie interne, incolore à la partie externe ; *s* désigne les sutures obliques très larges ou sutures écailleuses.

FIG. 10. — *Peridinium pentagonum* Gran.

Individu vu par la face ventrale, montrant les sutures étroites linéaires et les plaques de la cuirasse couvertes d'un grand nombre de taches punctiformes.

FIG. 11. — *Peridinium pentagonum* var. *spinulosum*, nov. var., vu par la face dorsale, montrant le test couvert d'épines courtes et massives disposées en séries rayonnantes sur les plaques réunies par des sutures lisses.

FIG. 12. — *Ceratium gibberum* Gourret, figuré au moment où la division vient d'avoir lieu : *a*, vieille cuirasse très ornée et peu colorée ; *b*, jeune membrane sans ornements autres que les ponctuations.

Toutes ces figures sont représentées avec la coloration bleue que prennent les membranes des Péridiniens, quand on les traite par une solution bouillante de potasse caustique à 5 p. 100 additionnée d'azurine brillante (Bayer et C^{ie}).

Les figures 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10 et 11 sont représentées au grossissement de 550 diamètres environ ($30\mu = 63^{\text{mm}},5$), la figure 6 au grossissement de 800 diamètres, et la figure 12 au grossissement de 310 diamètres ($100\mu = 31$ millimètres).

PLANCHE II.

FIG. 1, 2, 3, 4. — *Chatoceros didymus* Ehr.

1. Chaîne végétative en voie de division : les cellules *a* viennent de se diviser et montrent des valves très colorées et des cornes très colorées ; les cellules *b*, plus âgées, ont une membrane peu colorée, surtout au voisinage de l'insertion des cornes ; celles-ci présentent une partie âgée très colorée *c* et une région plus jeune *c'* presque incolore.
2. — Chaîne formant ses spores : *a*, cellules mères spéciales des spores (endocystes), pourvues de cornes plus épaisses que celles des individus végétatifs, fortement colorées dans la partie jeune *c'* et presque incolores dans la région âgée *c* ; *b*, cellules végétatives.
3. Individu vu par la face valvaire, montrant les bouquets de cils que présentent les valves.
4. Spores géminées à cornes épaisses, réunies par la membrane de la cellule mère ; ces spores ont une paroi propre distincte des valves de la cellule mère.

FIG. 5. — Forme de *Ch. didymus*, voisine de la variété *aggregatus*.

FIG. 6 et 7. — Forme de *Ch. didymus*, voisine de la variété *longicruris*.

7. — Vue par la face valvaire : *a*, cellule jeune à valves très colorées ; *b*, cellules âgées à valves presque incolores.
6. — Vue par la face connective.

FIG. 8 et 9. — *Chatoceros imbricatus* nov. sp.

8. Chaîne vue par la face connective.
9. Chaîne vue par la face valvaire.

FIG. 10. — *Chatoceros adhærens* nov. sp. Chaîne vue par la face connective.

FIG. 11. — *Bacteriastrum solitarium* nov. sp. Cellule renfermant une spore, avec son unique couronne de soies.

Tous les individus ont été représentés avec la coloration que prennent les membranes dans l'hématoxyline alunée vieille.

Les figures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 11 sont dessinées au grossissement de 550 diamètres environ ($60\mu = 33^{\text{mm}},5$), les figures 8 et 9 au grossissement de 1350 diamètres ($40\mu = 54$ millimètres), et la figure 10 au grossissement de 1100 diamètres ($40\mu = 44$ millimètres).

16157. — CORBEIL. — IMPRIMERIE CRÉTÉ.

1

[illegible]

de Belle-Ile.

23	24	25	26	27	28	29	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	45
17 septembre. Baie de Quiberon.	18 septembre. Passage de la Teignouse.	18 septembre. Parage de Lorient.	19 septembre. Entre Lorient et Concarneau.	19 septembre. Entre Lorient et Concarneau.	19 septembre. Entre Lorient et Concarneau.	19 septembre. Entre Lorient et Concarneau.	20 septembre. Large de Concarneau.	20 septembre. Voisinage de Concarneau.	20 septembre. Voisinage de Concarneau.	21 septembre. Penmarck.	21 septembre. Baie d'Audierne.	21 septembre. Baie de Douarnenez.	21 septembre. Baie de Douarnenez.	21 septembre. Baie de Douarnenez.	22 septembre. Baie de Douarnenez.	22 septembre. Baie de Douarnenez.	23 septembre. Baie de Douarnenez.
19h.20	9h.	11h.15	8h.45	9h.35	12h.	17h.15	12h.	14h.15	16h.30	9h.15	11h.15	13h.45	15h.25	16h.45	8h.	9h.15	9h.15

PHYTOPLANKTON DE L'ATLANTIQUE

	6 11 septembre. Parage des Sables-d'Olonne. 17 h. 25	8 12 septembre. Parage des Sables-d'Olonne. 8 h. 30	9 12 septembre. Parage des Sables-d'Olonne. 11 h.	10 12 septembre. Large des Sables-d'Olonne. 17 h. 15	11 13 septembre. Parage des Sables-d'Olonne. 10 h.	12 14 septembre. Parage des Sables-d'Olonne. 10 h.	13 14 septembre. Entre les Sables et l'île d'Yeu. 6,45-7,30	14 15 septembre. Large de l'île d'Yeu. 8,30-9 h.	17 15 septembre. Entre l'île d'Yeu et Noirmoutier. 14 h. 45	19 16 septembre. Baie de Bourgneuf. 11-13 h.	20 16 septembre. Embouchure de la Loire. 17 h. 45	21 17 septembre. Large de Belle-Ile. 12 h.
Coscinodiscus Oculus-Iridis Ehr.....	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	■
— radiatus Ehr.....		■						■				
Dactyliosolen tenuis Cleve.....	■								■			
Ditylimum Brightwellii West.	■	■		■	■		■		■		■	
Eucampia Zodiacus Ehr									■		■	
Guinardia flaccida (Castr.) Perag.....		■	■				■		■		■	
Hemiaulus Hauckii Grun.	■	■		■	■			■	■			
Hyalodiscus stelliger Bail.....					■				■			
Lauderia annulata Cleve.....		■	■				■		■		■	
Leptocylindrus danicus Cleve.....							■		■			
Lithodesmium undulatum Ehr.....		■	■		■				■		■	
Melosira Borreri Grev.....		■	■		■				■			
Navicula sp.....						■			■			
Nitzschia Closterium W. Sm.....			■						■		■	
— seriata Cleve.....	■	■	■				■		■	■	■	
Pleurosigma sp.....	■	■		■	■	■			■			
Rhizosolenia alata Btw.....		■						■	■		■	
— al. f. corpulenta Cleve.....	■	■	■	■	■		■	■	■		■	
— al. f. gracillima Cleve.....	■						■		■		■	
— delicatula Cleve.....									■			
— robusta Norm.....	■	■	■	■	■	■	■	■	■		■	
— semispina Hensen.....												
— setigera Btw.....	■				■				■		■	
— Stolterfothii Perag.....		■					■	■	■		■	
— styliiformis Btw.....	■	■	■	■	■		■	■		■		
Skeletonema costatum (Grev.) Cleve.....												
Stephanopyxis Turris (Grev.) Ralfs.....	■	■	■	■	■		■	■	■	■		
Thalassiosira gravis Cleve.....												
Thalassiothrix nitzschoides Grun ..				■	■		■		■			

PHYTOPLANKTON DE L'ATLANTIQUE.

[illegible]

DISTRIBUTION DES ESPÈCES. (Tableau II.)

[illegible]

PHYTOPLANKTON DE L'ATLANTIQUE.

	6 11 septembre. Parage des Sables-d'Olonne. 17 h. 25	8 12 septembre. Parage des Sables-d'Olonne. 8 h. 30	9 12 septembre. Parage des Sables-d'Olonne. 11 h.	10 12 septembre. Large des Sables-d'Olonne. 17 h. 15	11 13 septembre. Parage des Sables-d'Olonne. 10 h.	12 14 septembre. Parage des Sables-d'Olonne. 10 h.	13 14 septembre. Entre les Sables et l'Île d'Yeu. 6,45-7,30	14 15 septembre, Large de l'Île d'Yeu. 8,30-9 h.	17 15 septembre. Entre l'Île d'Yeu et Noirmoutier. 14 h. 45	19 16 septembre. Baie de Bourgneuf. 11-13 h.	20 16 septembre. Embouchure de la Loire. 17 h. 45	21 17 septembre. Large de Belle-Île. 12 h.
Peridinium Globulus Stein	■				■							
— macrospinum, nov. sp.	■	■		■	■							
— monospinum Pauls.		■										
— oceanicum Vanh.	■	■		■	■	■	■		■			
— ovatum (Pouch.) Schütt.				■		■						
— pedunculatum Schütt.						■						
— pentagonum Gran.	■	■	■	■	■	■			■			
— v. spinulosum, nov. var.												
— punctulatum Pauls.	■	■	■					■				
— pellucidum (Bergh) Schütt.	■											
— Steinii Jörg.		■		■	■	■					■	
— subinerme Pauls			■					■				
Phalacroma minutum Cleve	■			■	■							
Prorocentrum micans Ehr.	■		■		■						■	
Pyrophacus horologium Stein				■	■				■			

DISTRIBUTION DES ESPÈCES. (Tableau II) (suite).

[illegible]

Carte des bancs et récifs de Coraux (Madrépores)

PAR M. L. JOUBIN,

Professeur au Muséum national d'histoire naturelle et à l'Institut Océanographique.

La carte générale des bancs et récifs de coraux que je présente me paraît réaliser un progrès sur les cartes sommaires que contiennent les divers atlas.

Si l'on veut avoir une idée plus nette de cette question, il faut se reporter aux cartes détaillées des services hydrographiques des marines française ou étrangères; ces documents sont fort difficiles à se procurer et, comme je l'expliquerai, ne rendent pas le service que l'on en attend au point de vue spécial qui nous occupe.

Ces difficultés, que j'ai éprouvées à maintes reprises au cours de mon enseignement à l'Institut Océanographique et au Muséum, m'ont conduit à l'idée de faire une carte générale des coraux constructeurs de récifs, pour mon usage personnel et les besoins de mes cours. La première ébauche que j'en ai réalisée m'ayant donné peu de satisfaction, je me décidai à la reprendre, à la mettre au point et à établir une carte pouvant être considérée comme donnant l'état actuel de nos connaissances sur la distribution des coraux constructeurs de récifs.

C'était là une lourde entreprise, dont je n'ai pas aperçu d'abord toutes les difficultés; j'avoue que si, dès le début, je m'étais rendu compte du travail énorme dont je me chargeais, j'aurais renoncé de suite à mon projet. Une fois engagé, je n'ai plus voulu reculer; je crois que j'ai bien fait d'aller jusqu'au bout.

Toutes les personnes qui ont exécuté des cartes géographiques savent le prix très élevé de ce genre de publications. Comme il s'agit ici de cinq grandes feuilles, je n'aurais jamais songé à faire les frais de leur édition, si je n'avais trouvé auprès de S. A. S. le Prince de Monaco une nouvelle preuve de sa générosité habituelle pour tout ce qui touche à l'étude de la mer. Je lui exposai mon projet, les grandes lignes de son exécution, les moyens que je comptais employer pour le mener à bonne fin. Non seulement le Prince Albert consentit à se charger des frais de mon travail, mais il mit à ma disposition les habiles dessinateurs géographes qui sont attachés à son service cartographique.

C'est avec leur concours que, sur mes indications, les plans généraux de ce travail ont été arrêtés.

Je dois donc, avant tout, exprimer à S. A. S. le Prince de Monaco mes plus respectueux remerciements. La carte que, grâce à sa bienveillante intervention, je présente au public scientifique, rendra, je l'espère, service aux océanographes, aux naturalistes, aux géographes.

L'organisation générale de la carte a été préparée par M. Tollemer, membre du cabinet scientifique du Prince de Monaco. Le dessin et l'exécution de la minute définitive sont dus à M. Morelli, dessinateur du service hydrographique de la Marine, avec lequel j'ai constamment travaillé pendant les longues années que cette élaboration a duré; je les remercie sincèrement de leur concours dévoué. C'est aussi M. Morelli qui a recherché dans les archives cartographiques les points que je lui signalais comme devant être minutieusement éclaircis.

Je dois une mention toute spéciale à M. le commandant Obbes, de la Marine royale néerlandaise, qui, ayant longtemps parcouru les colonies de son pays, étant lui-même dessinateur-géographe et ayant exécuté les cartes de l'expédition du *Siboga*, a bien voulu établir pour moi, sur les cartes marines hollandaises, d'importants morceaux de ma carte. Très au courant des récifs de coraux parmi lesquels il a navigué, il a reporté sur les minutes le résultat de ses recherches et de ses observations. Je remercie le commandant Obbes de la précieuse contribution qu'il m'a fournie, ainsi que le professeur Max Weber, directeur du Muséum d'Amsterdam, qui me l'a fait connaître.

Voici maintenant comment j'ai procédé pour l'organisation de cette carte des coraux. J'ai utilisé, comme tracé, la carte générale bathymétrique des Océans du Prince de Monaco, en y apportant des modifications basées sur les raisons suivantes :

1° Les coraux constructeurs de récifs ne vivant que dans la couche superficielle des eaux ne dépassant pas 40 mètres de profondeur, j'ai supprimé sur la carte des Océans toute la bathymétrie, courbes, sondes et bleus dégradés. Je n'ai conservé que l'échelle, les contours des terres et la méthode de division en degrés;

2° J'ai ajouté un grand nombre de noms géographiques ayant un intérêt au point de vue spécial des coraux, qui ne figuraient pas sur la carte des Océans;

3° Les coraux constructeurs ne vivant pas en dehors de la zone équatoriale comprise entre les 32^{es} degrés de latitude Nord et Sud, il suffisait de prendre dans la carte des Océans la zone correspondant à ces limites et de supprimer tout le reste. J'ai obtenu ainsi une carte constituée par la région équatoriale de la carte bathymétrique;

4° Pour faciliter le pliage et la lecture, cette longue bande de plus de quatre mètres a été divisée en cinq tranches formant chacune une feuille distincte, à encadrement spécial, pouvant être isolée des autres.

C'est sur le tracé préliminaire ainsi obtenu et directement superposable à la carte des Océans que j'ai reporté toutes les indications relatives aux récifs et gisements de coraux.

Tout ce qui concerne les coraux a été tracé en un rouge facile à distinguer du brun qui, selon les conventions, recouvre les terres émergées. Les écritures et contours sont en noir.

Pour la représentation des coraux, il a été nécessaire d'adopter une convention particulière. Comme il y a souvent des récifs coralliaires de très petite largeur, soit qu'ils constituent de minimes pointements, ou de petits atolls, ou des barrières longues mais étroites, s'il avait fallu ne leur donner que la dimension proportionnelle réelle, ils n'auraient pas été apparents sur la carte; les points ou lignes qui les représentaient étaient, sur mes essais, si peu visibles qu'autant aurait valu ne pas les inscrire. J'ai alors donné un minimum d'épaisseur de 1 millimètre aux points ou aux traits. Quand la vraie dimension proportionnelle est supérieure à ce millimètre, le gisement coralliaire a été représenté avec sa forme réelle.

On trouvera sur la carte des régions importantes qui sont couvertes de hachures rouges serrées. Elles représentent l'emplacement de bancs de coraux immergés. Chacun de ces bancs est formé de plaques séparées, de gisements sous-marins distincts; mais il n'a pas été possible, sur cette carte à trop petite échelle, malgré sa grande taille, d'indiquer le détail de ces gisements complexes. Il a fallu les réunir en une vaste unité dont le contour d'ensemble est exact, ou du moins aussi exact que des sondages souvent trop distants permettent de l'apprécier. D'ailleurs il y a peu de régions où le détail précis de ces bancs sous-marins soit connu; on ne les trouve guère que dans le voisinage des ports où les nécessités de la navigation exigent de nombreux détails. On trouvera plusieurs exemples de ces vastes bancs immergés, notamment dans l'océan Indien et plus spécialement aux îles Séchelles.

Il me reste maintenant à exposer la méthode que j'ai suivie pour me procurer des documents, les sources principales où je les ai puisés, et par conséquent à montrer jusqu'à quel point on peut avoir confiance en eux.

Les coraux abondent dans toutes les mers, si l'on prend le mot dans son sens purement zoologique; on en trouve sur les rochers de nos côtes, sur les fonds littoraux aussi bien qu'abyssaux, polaires ou équatoriaux. Mais, si l'on restreint cette dénomination aux seuls coraux constructeurs de récifs, son acception change beaucoup pour le naturaliste. Si, en effet, le récif coralliaire est considéré comme une unité biologique, il faut entendre qu'il ne se compose pas seulement de coraux constructeurs, de Madrépores, mais aussi d'algues calcaires et d'Hydrocoralliaires tels que les Millépores. Nous considérerons ici les coraux comme constituant les récifs à eux seuls; ils y sont d'ailleurs prédominants largement. Ce n'est pas le lieu de déterminer la part qui revient à chacun des éléments du récif; il suffit de l'avoir signalée. Quoi qu'il en soit, les coraux constructeurs de récifs, autrement dit les Madrépores, dont nous nous occupons dans ce travail, se restreignent aux espèces vivant dans les eaux superficielles de la zone équatoriale définie plus haut; la température de l'eau n'y descend jamais au-dessous de 20° 5.

Il faut encore remarquer que ces coraux capables de construire des récifs ne profitent pas toujours de cette faculté. On en trouve, en effet, qui vivent les uns près des

autres, fixés sur une surface convenable, mais qui ne bâtissent pas de récifs. Ils se contentent de former des bancs ou des gisements. C'est pour exprimer cette particularité que le titre de cette carte porte le mot « banc » à côté du mot « récif ». Certains coraux vivent actuellement sur un sol formé par les débris fossiles de leurs ancêtres. Les uns y construisent des récifs nouveaux qui recouvrent la roche calcaire constituée par les squelettes conglomérés de leurs prédécesseurs ; les autres y vivent par touffes ou colonies isolées et ne construisent plus. Ils y sont en quelque sorte à l'état de repos ; un jour peut-être, si de nouvelles conditions océanographiques se produisent, reprendront-ils leur pouvoir de bâtir.

Dans ces conditions, j'ai considéré comme devant être indiqués sur cette carte : d'une part, les récifs proprement dits, construits par l'association biologique où les Madrépores dominent ; d'autre part, les simples gisements d'espèces de coraux susceptibles de construire ; ceux-ci, d'ailleurs, forment une petite minorité.

Mon travail aurait été grandement simplifié, si je n'avais eu qu'à reporter sur mon tracé les indications fournies par les cartes hydrographiques des diverses marines. Malheureusement il n'était pas possible d'agir ainsi, sous peine de commettre les plus graves erreurs. Les mots abrégés employés en hydrographie : cor, corail, coraux, récifs de coraux, n'ont pas la même signification qu'en zoologie ; des récifs, indiqués sans qualificatif, sont des coraux ; d'autres, indiqués comme coralliaires, sont des bancs d'algues calcaires. C'est ainsi que sont désignés de la même manière des bancs d'algues exploités sur les côtes de France pour l'amendement des terres et connus sur les côtes de Bretagne sous le nom de « mœrl ». Il était donc nécessaire de procéder à une revision complète des indications fournies par les cartes hydrographiques.

D'autre part, autant elles sont parfaites dans leurs détails pour les régions où la navigation est active, autant elles sont de faible ressource scientifique pour les régions peu ou pas fréquentées.

J'ai, pour ce travail de revision, suivi la méthode suivante. J'ai commencé par établir exclusivement la partie de la carte générale dont les éléments ont fait l'objet d'études par des *naturalistes professionnels*, ayant parcouru les régions dont ils décrivent les bancs de coraux, fourni des échantillons dans les collections et donné des indications zoologiques ou géologiques précises à ce sujet. J'ai obtenu ainsi une très forte partie de ma carte à l'abri de la critique, où l'on peut être certain que les indications portées en rouge correspondent bien à la présence de Madrépores.

Je ne veux pas énumérer tous les documents dont j'ai fait le dépouillement pour établir cette première partie de mon travail ; ce serait recommencer une bibliographie des coraux beaucoup trop considérable, que l'on trouvera dans les ouvrages récents sur ces questions. Je citerai seulement les noms les plus importants d'entre eux : Les ouvrages classiques de Darwin, Dana, sir John Murray ; les célèbres mémoires d'Alexandre Agassiz qui sont de beaucoup les plus importants au point de vue spécial de la géographie biologique qui nous occupe en ce moment : ils fournissent la plus grande partie de nos connaissances sur les coraux en Océanie, Australie, Antilles, Floride, Bermudes, Maldives. Les

mémoires d'Ehrenberg, Marenzeller, Jousseau, Coutière, C. Gravier, Faurot, Walther, Orttman sur diverses parties de la mer Rouge ; de Basset Smith, sur les bancs de la mer de Chine ; de Grossland, pour l'Est-Africain ; de C. Gravier, pour San Tomé ; de Gardiner, pour les atolls et surtout pour ses célèbres travaux à Funafuti, Rotuma, les Maldives, les Laccadives ; de Wood-Jones, de Ridley, de Herdmann, de Voeltzkow, pour l'océan Indien ; de Quelch, pour les récifs parcourus pendant les croisières du *Challenger* ; de Studer, pour les îles Samoa ; de Vaughan, pour les Antilles et la Floride ; de Verrill, pour la région Est-Américaine et les Bermudes ; de Saville Kent, de Hedley, pour la côte Australienne ; de Hikson, pour l'Océanie, les Célèbes ; de Wallace, pour l'archipel Malais.

J'arrête là cette énumération des principaux travaux que j'ai utilisés. Mais il faut encore y ajouter une nouvelle série de mémoires purement zoologiques, dans lesquels on trouve accessoirement des indications géographiques. Ils m'ont permis de déterminer avec certitude la présence de Madrépores dans un grand nombre de localités.

Cette première partie de mon travail étant exécutée, je me suis trouvé en présence d'une carte manifestement incomplète, car il reste encore beaucoup de contrées de la zone coralligène sur lesquelles les naturalistes ne sont pas renseignés. Je me suis mis en devoir de compléter ma documentation par des moyens tout différents de ceux employés jusqu'à présent, afin de combler le plus possible de lacunes. J'ai écrit à une foule de gens que je supposais en état de me fournir des renseignements : directeurs de stations biologiques, d'observatoires, de musées, ingénieurs hydrographes, agents diplomatiques, missionnaires, industriels, gouverneurs de colonies, compagnies de navigation. On ne peut se faire une idée du nombre de lettres que j'ai écrites, et cependant je dois signaler que les supérieurs de missions catholiques m'en ont épargné beaucoup en adressant une petite circulaire à leurs missionnaires. J'ai obtenu de nombreuses réponses, trop souvent négatives ; mais il faut croire que la poste n'est pas toujours expéditive dans bien des contrées, probablement très mal desservies, car nombre de mes lettres sont restées sans réponse.

Parmi les correspondants qui m'ont rendu les plus grands services, je dois signaler quelques-uns d'entre eux : M. Mayer, directeur de la station des îles Tortugas (Floride) ; M. Vives, à la Paz (carte du golfe de Californie) ; M. Guzman, côtes du San Salvador ; M. le Ministre de France au Brésil (carte de cette région) ; M. le directeur du « Bureau of Science », Manille (carte des Philippines) ; M. le gouverneur du Cameroun allemand (carte de cette région) ; M. le gouverneur de l'île Fernando-Poo ; M. le capitaine Modest, région de Libreville ; M. le directeur de l'Observatoire de Natal ; M. Paul Carrié, correspondant du Muséum, industriel à l'île Maurice ; M. Rongier, industriel à Fanning Island ; M. Bouge résident de France aux Nouvelles-Hébrides ; un de mes élèves, le D^r Vaillant, résident de France aux îles Sous-le-Vent ; le professeur Herdmann (Ceylan) ; M. Bedot, directeur du Muséum de Genève (Amboine).

Je dois aussi mentionner les documents qui m'ont été envoyés par mon ami, le professeur Bashford Dean, de Columbia University (New York) ; avec l'inépuisable complaisance qui le caractérise, il m'a fourni des livres introuvables en Europe, tels que les *Sailors directions* américains, correspondant à nos Instructions nautiques, des cartes, des introductions auprès de diverses personnes. Je le remercie bien cordialement de son dévouement.

La « Smithsonian Institution de Washington » m'a rendu aussi bien service. Il faut ici rappeler les documents fournis par le commandant Obbes dont j'ai parlé plus haut.

Une des contributions les plus importantes que j'ai obtenues est due à l'un des anciens étudiants les plus distingués de mon laboratoire, M. Krempf, actuellement à l'Institut Pasteur de Niah-Trang (Tonkin). Il étudie depuis longtemps les coraux dont il a fait, notamment, de merveilleuses photographies. Il a parcouru les mers de l'Indo-Chine et il m'a fourni toute une série de documents inédits de premier ordre sur les côtes de l'Annam et du Tonkin, la baie d'Along, les îles d'Hainan et de Poulo-Kondor, la région de Hong-Kong. Sans lui, toute cette région de ma carte serait restée sans indications, car ce que l'on trouve sur les cartes hydrographiques est insignifiant ou inexact.

Je lui dois encore des corrections pour toute la région orientale de la presqu'île de Malacca, la côte de Bornéo. Je lui exprime ma reconnaissance pour le grand service qu'il m'a rendu.

J'ai reçu aussi des documents intéressants de mon savant collègue, le professeur Isao Ijima, de l'Université de Tokio, pour le Sud du Japon et Formose. Malheureusement, plusieurs des petites îles du Sud du Japon sont inconnues au point de vue des coraux.

Les catalogues de divers musées m'ont fourni une autre série de renseignements; l'indication des localités à la suite des noms d'espèces de Madrépores m'a donné quelques notions précises; j'ai fait de même quelques bonnes acquisitions dans la magnifique collection de coraux de mon service au Muséum de Paris.

Les indications qui précèdent m'ont fourni un grand nombre de documents, plus ou moins importants; j'ai vu ainsi ma carte se compléter peu à peu et se préciser. Elle comprend maintenant tout ce qui a été fait par des naturalistes spécialistes, tout ce que m'ont fourni mes correspondants, les collections de musées, les zoologistes descripteurs.

Malgré cela, il me restait encore un résidu à la vérité peu important, que force m'a été de faire disparaître au moyen des documents purement hydrographiques; je les ai contrôlés par les descriptions des instructions nautiques, américaines, anglaises et françaises. J'ai encore contrôlé cette partie au moyen des indications trouvées dans les ouvrages de voyageurs, des articles de dictionnaires et de traités de géographie.

Je crois que, finalement, ma carte ne s'éloigne pas beaucoup de la vérité, en tenant compte toutefois des lacunes laissées dans les pays dont l'histoire naturelle, la géographie sont mal connues, où la présence des coraux n'a pas été signalée; elle y est cependant vraisemblable, mais on comprend que je me sois abstenu de l'indiquer.

Malgré cela, il reste encore quelques points pour lesquels les sources citées me laissent dans l'incertitude. C'est ainsi que l'île Sainte-Hélène est citée comme ayant eu jadis des coraux; on en cite des échantillons. Il semble qu'il n'y en ait plus actuellement, mais je n'ai pu le vérifier d'une façon précise. L'une des îles du cap Vert est indiquée sur la carte marine comme bordée d'un récif de corail; ces mots sont gravés en toutes lettres sur la carte hydrographique. Je n'ai pu me procurer nulle part de documents ou d'échantillons de ces coraux; les croisières du Prince de Monaco, qui ont parcouru ces régions, n'en ont jamais fourni, et le D^r Richard, que j'ai interrogé à ce sujet, n'en connaît pas. On cite des coraux à Port-Natal; j'ai indiqué cette station, mais avec un point de

doute; je crains que ce document se rapporte à des espèces d'eau profonde, et non à des Madrépores.

Sur la côte américaine du Pacifique, quelques vagues indications sont données sur la côte du Pérou, on y aurait trouvé des coraux; je ne les ai pas indiqués, faute de documents suffisamment précis. Il en est de même aux îles Galapagos. On y cite des coraux, mais Agassiz n'en parle pas. Sur le banc Campêche au Nord de l'Amérique du Sud, il est probable qu'il y a des coraux, mais ils ont peut-être été recouverts par de la vase. On voit par ces quelques indications qu'il reste encore bien des points à élucider, indépendamment des régions complètement inexplorées au point de vue spécial des coraux. Je les ai indiqués sur la carte avec un point d'interrogation rouge.

Telle qu'elle est, cette carte me paraît constituer un progrès sur ses devancières; elle sera certainement utile aux naturalistes qui voudront bien la considérer comme un document précis dans l'état actuel de nos connaissances. Je serais vivement reconnaissant aux zoologues, aux géographes, aux voyageurs de vouloir bien me signaler les incorrections qu'elle peut contenir et les additions qu'ils pourraient préciser en vue d'une future édition.

Les Ripple-Marks

PAR CH. EPRY.

Parmi les empreintes multiformes que le flot descendant laisse de son passage sur les sables qu'il abandonne, les plus curieuses sont, certes, ces régimes de stries parallèles, plus ou moins fines, plus ou moins régulières, couvrant parfois d'immenses étendues de grèves, connues sous les noms, soit français de *Paumelles*, qui ne signifie rien, soit anglais de *Ripple-marks* (*marques de clapotis*), qui a prévalu peut-être parce qu'étranger, mais aussi parce que plus expressif (fig. 1).

Elles sont partout si communes qu'il est impossible de se promener quelques minutes sur une plage quelconque sans avoir l'occasion d'en rencontrer, d'en admirer car elles sont toujours d'un fort joli effet surtout par grandes masses sous le soleil, d'en souffrir peut-être si l'on circule pieds nus car elles rendent alors la marche plutôt pénible. Et cependant, si

tout le monde les connaît, personne ne semble en avoir, jusqu'ici, bien exactement déterminé les causes.

Pour les uns, ces ondulations sont l'œuvre des vagues seules ; pour d'autres, elles seraient dues à l'action du vent, à la propagation sur le fond des vibrations qu'il éveille en surface, lorsque celles-ci n'ont à traverser, pour atteindre à ce fond, qu'une faible épaisseur d'eau. On a aussi échafaudé, pour les expliquer, de savantes théories ; aucune ne donne entière satisfaction.

T. IV. — Fasc. 3.



Fig. 1. — En baie de Goulven (Finistère).

En définitive, la question reste posée : quel est le mode de formation des Ripple-marks ?

Désireux d'y répondre, je me suis attaché, depuis nombre d'années, à observer attentivement ces ondulations partout où, successivement, m'ont mené mes goûts et ma fantaisie, c'est-à-dire d'un bout à l'autre de nos côtes, et, à la vérité, les causes du phénomène m'apparaissent aujourd'hui si aisées à concevoir que je m'explique mal qu'on n'ait pas encore réussi à se mettre, à leur sujet, d'accord.

C'est la conclusion très nette à laquelle je suis arrivé que j'apporte ici. Bien qu'elle soit celle d'un simple amateur qui ne possédait, pour mener à bien ses recherches, qu'une certaine dose de curiosité et une longue patience, je pense qu'elle s'imposera à tout esprit avec ce caractère d'évidence qu'elle a pris à mes yeux, si l'on consent à refaire avec moi, étape par étape, le chemin qui m'a conduit vers elle. Pour simplifier la démonstration et clarifier le texte, à l'appui de chaque argument je présenterai les plus probants d'entre les nombreux documents photographiques que j'ai recueillis de plage en plage sur cette question.

Et d'abord, où se forment les Ripple-marks ?

Bien entendu, des rides de ce genre se produisent hors de la portée des flots, sur les



Fig. 2. — Dans les dunes de Paris-Plage.

sables secs à l'intérieur des dunes (fig. 2), et, aussi bien, parmi les grands vallonements sablonneux du Sahara ou sur les tapis de neige des cimes alpestres. Dues sans conteste à l'action éolienne, celles-ci ne nous intéressent pas, — pour l'instant du moins, car nous serons nécessairement amenés à en reparler.

Sur le territoire même où se manifeste le balancement des marées, il y a lieu de distinguer entre la haute et la basse grève. La première présente une pente particu-

lièrement accusée. En outre, le flot ne l'escalade que hors les temps de morte eau ; mais alors, il possède un élan beaucoup plus grand qu'en ces jours de morte eau ; puisqu'il doit, durant un même nombre d'heures, fournir une plus longue course. Pour ces deux raisons, les lames qu'il y étale, si minces soient-elles, sont animées d'une telle vitesse qu'aucune force autre n'en peut contrecarrer les effets. Or, son balancement est vertical :

c'est donc tour à tour, de bas en haut, de haut en bas, mais uniquement dans le sens vertical que les grains arénacés sont énergiquement sollicités. En conséquence, travaux d'art d'enfants, empreintes de pas, rides creusées peut-être par le vent pendant la période d'assèchement, tout obstacle de sable, en creux ou en relief, est arasé ou comblé et la pente, aplanie, prend le profil régulier d'un glaciais (fig. 3).

La figure 3 montre la mer à l'œuvre; la figure 4 permet de juger du résultat final.

En résumé, sur la haute grève, on ne trouve jamais de Ripple-marks.

On en rencontre beaucoup, au contraire, sur la grève basse, comme en témoigne la figure 1 : beaucoup, mais partout.

Voici une vue (fig. 5) prise en baie de Goulven le même jour, à la même heure que la vue 1, à cent mètres à peine sur la droite de l'endroit d'où a été prise la première, et en visant sensiblement le même point d'horizon ; autrement dit, les deux photographies disposées bout à bout se complètent, constituant une vue panoramique d'un même paysage. Et pourtant, les stries, si belles dans la partie de gauche, ne sont plus, à droite, — irrégulières et à peine ébauchées, — qu'un vague clapotis.

Transportons-nous encore ailleurs. Voici une grève de la région de Lorient, celle du Fort-Bloqué, idéalement plate et apparemment propice à la formation des Ripple-marks (fig. 6). Une pêcheuse se dirige vers les rochers qui commencent à découvrir pour



Fig. 3. — Le reflux au cap Ferret, en baie d'Arcachon.



Fig. 4. — Mer quittant la haute grève, à Etables (Côtes-du-Nord).

faire sa cueillette de bigorneaux : la mer, par conséquent, descend. Pourtant on ne voit subsister aucune trace de son séjour sur les sables. Leur surface, remarquablement lisse,



Fig. 5. — En baie de Goulven, le « Roc'h Vran ».

sous la bruine qui l'humecte a le poli et le luisant d'un miroir.

Par contre, en maints endroits, surtout au voisinage du plus bas flot de grande marée, par exemple sur les *barres* qui se forment à l'embouchure et par le travers de certaines rivières, on découvrira des *Ripple-marks* ayant, non plus quelques centimètres comme celles de la figure 1, mais 50 ou 75 centimètres et aussi bien jusqu'à 1 mètre d'allongement de crête en creux : telles celles de la figure 7,

photographiées à la sortie du *steir* (1) ou lagune de Lesconil.



Fig. 6. — Aspect de la basse grève de Fort-Bloqué à mer descendante.

Puisque les *Ripple-marks* ne se forment pas sur la partie haute des grèves, mais sont extrêmement communes, par contre, sur leur partie basse (qui correspond, en pays de dunes, à la zone des fucus et laminaires des côtes rocheuses), ne semble-t-il pas qu'il doit suffire, pour découvrir leurs origines, de noter ce par quoi celle-ci diffère de celle-là ? Le raisonnement est juste et on peut de ce parallèle tirer de précieuses indications ; mais, dans cette voie, il importe de procéder, en ses déduc-

(1) Le *Steir* est une petite rivière bretonne qui se jette dans l'Odé, à Quimper même. Mais, dans la région, on désigne de la sorte indistinctement la plupart des ruisseaux sans nom épanouis, aux approches de la mer, en fjords, estuaires ou lagunes.

tions, avec une prudente lenteur, sans cesser une seconde de rechercher des yeux autour de soi l'appui des faits, sinon on risque fort, pour un moment d'inattention, d'aboutir à une explication du phénomène qu'on sera tout surpris de voir très vite venir, pour peu qu'on poursuive plus avant, en complet désaccord avec toutes nouvelles données de l'observation.

Quelle est, en effet, entre l'une et l'autre zone, la différence principale, essentielle au point de vue qui nous occupe ? La pente de la grève basse est beaucoup plus douce, si douce parfois que le flot doit en certaines régions descendre à plusieurs kilomètres au large pour atteindre l'étale de basse mer.



Fig. 7. — Ripple-marks sous Lesconil.

Par suite, la vitesse du courant de marée y est fort grande : elle égale en baie du Mont-Saint-Michel celle d'un cheval au galop. D'autre part, tout le temps que dure le reflux, très mince est la couche progressivement diminuée qui recouvre les sables, — si mince même que, manquant de fond, les vagues souvent n'y peuvent circuler et meurent à grande distance du bord. Ces grèves sont, au demeurant, semblables à d'immenses lacs sans profondeur qui, sans à-coups, se vident.

Que conclure d'un pareil état de choses ?

Étant donnée la médiocre épaisseur de la couche d'eau, il semble assez naturel de croire que l'action du vent doit se faire sentir sur le fond, y créer des rides analogues à celles que son souffle éveille à la surface de la mer. Et alors, on se trouve amené à se demander s'il faut attribuer la formation des Ripple-marks à la violence du courant de marée raclant ce terrain très plat, ou à l'action indirecte du vent, ou encore aux efforts combinés, dans une mesure quelconque, des deux éléments, l'air et l'eau.

On a très généralement adopté la seconde hypothèse. A première vue, nous le répétons, elle apparaît fort séduisante. En réalité, elle ne supporte pas un examen un peu sérieux et doit être résolument rejetée. Quel que soit l'état de l'atmosphère, en effet, on observera que, sur une grève, il y a certains points où, toujours, — ou tout au moins avec une assez grande régularité, — des rides se forment ; sur d'autres points, un jour elles s'effacent, le vent soufflât-il en tempête, et le lendemain elles reparaissent, le ciel fût-il calme et la mer d'huile.

Non seulement il n'y a aucune corrélation entre les mouvements de l'océan aérien et le plissement des surfaces *sableuses* immergées même sous une très mince couche d'eau,

mais, à y regarder de près, on constate que c'est précisément aux endroits où le fond est plus particulièrement soustrait à l'influence du vent que ces stries atteignent leurs plus fortes dimensions : là, par exemple, où le sol accidentellement s'enfonce, au creux des mares, sur le bord des rigoles, au plus bas du flot ; là encore où la force du courant de marée est telle que celle du vent, quelle qu'elle soit, demeure comparativement négligeable et est, réellement, sans effets : par exemple, sur les sables des « barres » découvrant quelques minutes à peine et seulement en temps d'équinoxe, à l'embouchure des fleuves et des rivières.

On ne saurait donc garder l'ombre d'un doute sur ce point : les Ripple-marks sont bien l'œuvre du flot, et de lui seul, puisqu'elles ne sont nulle part aussi nombreuses et importantes que là où les sables sont le mieux préservés des atteintes du vent.

Ce premier point réglé, il reste à concilier cette affirmation avec ce que nous avons dit des effets du flot sur la haute grève où, bien loin de se traduire par un plissement plus accentué du fond, l'accélération de sa vitesse, due à la grande inclinaison du terrain, provoque un nivellement général.

Pour expliquer cette apparente contradiction et trouver le fin mot de l'énigme, lequel de ces deux facteurs va-t-il falloir considérer : l'inégalité des deux pentes ou la différence — à rechercher — entre les effets dynamiques d'une vague déferlante et ceux d'un courant régulier ?

En vérité, ni l'un ni l'autre. Leur importance, en l'espèce, est nulle. Toute recherche



Fig. 8. — Coin de grève entre le Pouldu et Douélan.

en ce sens ne mène à rien. Encore une impasse à éviter. La solution est ailleurs. Pour la découvrir sans plus tarder, transportons-nous en un point des plages où se forment toujours — ou presque — des Ripple-marks : sur la ligne de raccordement de la haute et de la basse grève. Cette ligne de démarcation, parfois médiocrement visible, est remarquablement nette à l'endroit représenté ci-contre (fig. 8).

Examinons de près cette photographie. Qu'y voyons-nous ? Une haute grève par-

faitement lisse ; une grève basse, presque horizontale, également aplanie par la mer qui s'en retire ; et, entre elles, en bas de la première pente, deux petites mares très visiblement réunies tout d'abord et dont les fonds, en voie d'assèchement, sont couverts de

Ripple-marks. Pourquoi ces rides se sont-elles formées là, et non plus haut, ou plus bas ?

Poursuivons notre examen, en concentrant notre attention sur la dépression la plus proche dont les détails sont particulièrement nets. Dans la partie la plus large de cette mare, les stries sont disposées parallèlement au rivage ; mais, vers celle de ses extrémités située au tout premier plan, on voit ces lignes de rides s'infléchir vers la mer, diminuer en nombre, perdre leur régularité, finalement se fondre entre elles pour s'étirer en une étroite rigole qui peu à peu va s'effaçant. Si nous pouvions étudier l'autre mare aussi aisément, nous y relèverions une disposition absolument identique des Ripple-marks sur son fond. Elle aussi se termine en rigole : toutes deux, vues d'ensemble, de plus loin et plus haut, du haut de la falaise (fig. 9) présentent, parfaitement symétriques, l'aspect d'une paire de moustaches à la gauloise aux longues pointes pareillement surbaissées.



Fig. 9. — Le coin précédent vu de plus loin.

Que s'est-il passé là ?

On ne saurait imaginer hiéroglyphes plus faciles à déchiffrer que ces signes tracés sur le sable.

Partout où la plage était assez plane pour que les eaux pussent refluer normalement des falaises vers le large, les grains arénacés, quelle que fût la façon dont ils étaient sollicités, coups brusques des vagues ou traction régulière du courant de marée ; quelle que fût encore l'inclinaison du terrain sur lequel ils roulaient, — autrement dit, aussi bien sur la basse que sur la haute grève, comme on peut le vérifier sur les photographies ci-dessus, — se sont déposés en nappe uniforme.

Il n'en pouvait plus aller de même dans la double dépression. Celle-ci qui, tout d'abord, quand la mer battait son plein loin d'elle au pied des falaises, n'avait pas la moindre importance, a fini par en acquérir à un moment donné, un peu avant que le flot descendant ne l'abandonnât complètement. A ce moment, les lames qui la balayaient bord pour bord remontaient bien encore en vitesse sur une certaine hauteur le talus de la haute grève ; mais, au retour, toute leur eau ne parvenait plus à franchir l'obstacle sans cesse grandissant qu'étirait en travers de leur route le plateau progressivement exondé de la grève basse. En surface, une partie de cette eau passait encore ; mais la majeure

partie, rejetée par le bourrelet de sable vers le milieu de la mare, s'y amassait, cherchant son niveau d'équilibre et, pour le trouver, refluaît par ondes, de droite et de gauche, vers les deux extrémités où, avec l'aide des dernières vagues, elle se creusait une double issue, créant là, par suite, deux petits courants de sens contraires, parallèles au rivage.

On pressent dès lors la façon dont va s'effectuer, en ce point, le dépôt des sables sollicités par ces courants coupant à angle droit le courant de marée qui les y amène de la haute grève. Trouvant dans la mare une eau animée d'un moindre élan, ils perdent eux-mêmes de leur vitesse. Ils vont se déposer. Mais, durant le temps qu'ils mettent à tomber sur le fond, le courant transversal intervient, impérieusement les entraîne, ravine parallèlement au rivage le sol malléable, inconsistant, en voie de formation plutôt que formé, que constituent ces particules sableuses, pour la plupart encore en suspension dans l'eau....

Et l'on voit apparaître ainsi les lignes parallèles des Ripple-marks décelant par leur orientation le sens de ces courants secondaires, et, par leurs ondulations, les allures serpentine qu'ont imposées à ces courants les oscillations verticales des vagues. Très nettes là où la divergence des deux régimes de courants s'accuse sous un angle de 90° , les Ripple-marks perdent peu à peu de leur régularité au fur et à mesure que le conflit des forces en présence s'atténue, et elles finissent par disparaître totalement dans le déversoir, là où le courant transversal, définitivement dévié vers la mer, se perd en direction dans le courant de marée.

Ainsi s'explique, très simplement, le phénomène : en tout point de la basse grève où un courant vient couper sous un angle plus ou moins droit le courant normal de reflux, leurs effets combinés s'inscrivent sur les sables en Ripple-marks.

Nous sommes arrivés à cette conclusion en commentant l'aspect que présentent les

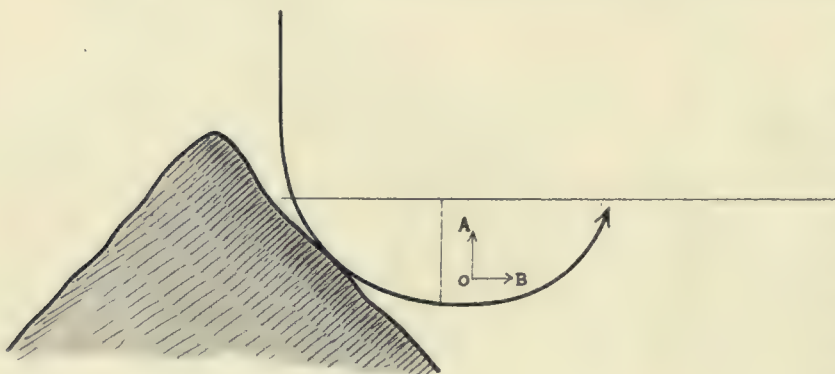


Fig. 10.

Ripple-marks lorsqu'elles ont acquis leur forme définitive. Plus probante que tous les raisonnements du monde eût été la production, ici, d'une photographie montrant, surpris en plein travail et figés dans l'immobilité du centième de seconde, ces courants au moment où, sous leur double action, s'estompe en frissons d'ombre sur la

face unie des sables la première ébauche des Ripple-marks. Ce cliché, j'ai cherché longtemps s'il ne serait pas possible de l'obtenir. C'est malaisé. On y parvient, pourtant.

Supposons qu'au moment de déferler au rivage, une vague vienne à heurter une roche se présentant à elle de flanc sous un angle de 45° environ. La vague, emportée par

son élan, va lécher cette paroi, puis, s'écroulant, va, rejetée de côté par elle, parcourir, pour rejoindre la mer, une trajectoire elliptique (fig. 10).

Les particules sableuses qu'elle entraîne vont donc, comme dans notre mare de tout à l'heure, être sollicitée, dans deux directions OA, OB, l'une perpendiculaire, l'autre parallèle au rivage : des Ripples doivent s'ébaucher là. C'est ce qu'on peut constater sur l'instantané ci-contre (fig. 11). Une vague vient de briser précisément dans ces conditions. On en discerne encore le contour à la frange d'écume qu'elle étale sur la grève. violemment lancée de gauche à droite, elle a déjà abandonné la partie de gauche. L'obliquité de sa fuite est décelée, — en partie du moins, — par l'orientation de la ligne d'ombre qui, à droite, accuse le bourrelet qu'elle forme en interférant avec la vague suivante, laquelle en ce point n'a subi, elle, aucune déviation. Et là où elle a passé se dessinent des linéaments de Ripple-marks.

En principe, comme nous l'avons constaté au creux de notre petite mare du Pouldu, les Ripple-marks se disposent parallèlement à la ligne du rivage sous l'influence prédominante du courant transversal drainant les sables vers le déversoir. Au contraire, la direction des stries éphémères ébauchées ici se rapproche beaucoup

plus de la perpendiculaire que d'une parallèle à cette ligne. La raison de cette différence est très simple : elle est dans le fait que cet instantané a été pris sur la haute grève. Là



Fig. 11. — Première ébauche de Ripple-marks.



Fig. 12. — En baie de Somme.

s'exerce seule, ordinairement, l'action du courant normal du reflux niveleur de sable. Il a fallu une circonstance toute spéciale pour que, accidentellement, pendant quelques secondes, les effets du courant descendant fussent altérés. Ils l'ont été dans une faible mesure. L'orientation des rides formées exprime le rapport des deux forces qui agissent simultanément en ce point.

Mais ne faisons pas état, si l'on veut, de ce document photographique difficilement obtenu, qui peut paraître, sans doute, insuffisamment net et probant. D'ailleurs, comme disent les juristes, « *Testis unus, testis nullus* », et, puisque nous n'avons pu recueillir d'autre témoignage de cette sorte, contentons-nous des arguments que nous apportent les Ripple-marks ayant acquis, comme ceux du Pouldu, leur forme définitive. Alors, en quelque point qu'on les observe, les témoignages affluent si nombreux, si concordants, en faveur de notre thèse qu'elle nous apparaît irréfutable.

Voici trois étages de sable en baie de Somme (fig. 12). Les eaux ont d'abord descendu verticalement, droit vers le spectateur, la pente du banc supérieur ; puis, à un moment donné, ont couru obliquement pour gagner sur la droite la rigole qui, entre les pilotis de la voie ferrée, devait les diriger vers la mer. La première pente, où s'exerçait seule et normalement l'action du reflux, est nivelée ; le plan moins incliné de l'étage intermédiaire est, par contre, couvert de rides dues à la double action, l'une prépondérante du courant

transversal, l'autre atténuée du courant normal.

Voici encore (fig. 13), vu de haut, ce merveilleux tournant du Trieux que dominent le château de la Roche-Jagu et son parc. Grâce à un effet de contre-jour, on peut distinguer par le menu tous les détails du relief du sol. Ils sont significatifs. Dans le même temps que le flot descendant raclait d'amont en aval le banc de sable allongé au milieu de la rivière, l'eau s'en écoulait latéralement pour rejoindre, à droite le chenal, à gauche une rigole



Fig. 13. — Un coude du Trieux.

creusée dans la vase en bordure de la rive : encore des Ripples en cet endroit.

Revenons sur notre immense grève de Goulven représentée au début (fig. 1). Si l'on encadre cette vue entre la suivante (fig. 14) et celle que nous avons donnée figure 5 comme lui faisant suite, on obtient la vue panoramique ci-contre (fig. 15) : à droite, la côte et la plus lointaine pointe de la baie dominée par un amas rocheux pittoresquement surnommé « la cathédrale » ; à gauche, éployée par le travers et au large de la baie, une suite de hauts

fonds granitiques exondés. Les eaux ont descendu et nivelé la pente des sables accumulés autour de ces écueils, mais, rejetées par conséquent vers l'intérieur de la baie, elles ont dû, pour en sortir, chercher deux issues latérales : elles ont pris les direction f et f' . N'est-ce pas là encore, immensément élargie, notre mare du Pouldu avec ses deux déversoirs et ses stries parallèles entre elles et au rivage.

On se rend encore mieux compte de la similitude des deux cas si, revenant à la figure 1, on examine d'infinitement près, à la loupe, pourrait-on dire, les moindres détails du paysage. Les lignes de Ripple-marks s'y étirent sur de grandes distances mais, en réalité, elles présentent sur nombre de points des solutions de continuité. Elles apparaissent composées de tronçons qui se suivent mal ou même ne se raccordent pas du tout. Et, somme toute, cet immense champ d'ondulations peut se décomposer en une infinité de mares semblables à celle du Pouldu et de bancs, bien moins importants

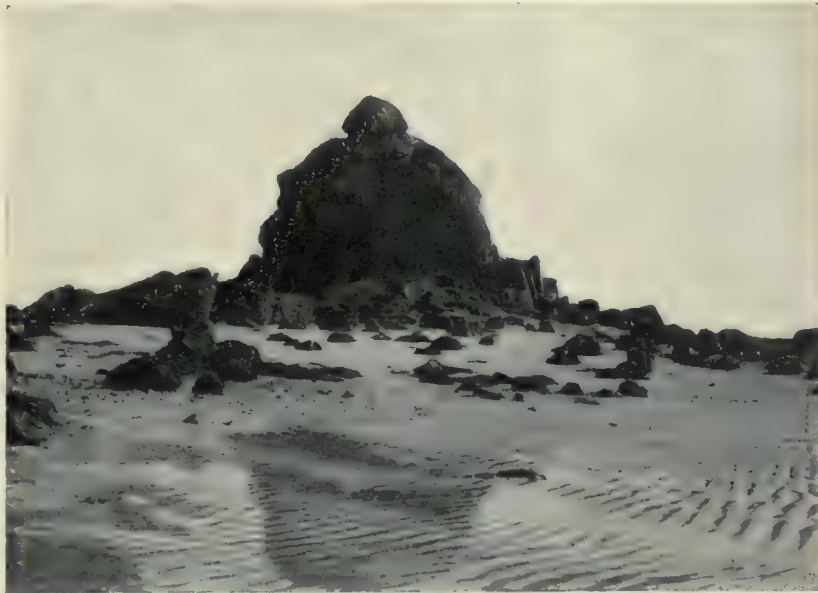


Fig. 14. — Par le travers de la baie de Goulven.



Fig. 15.

même que celui du Trieux. C'est une mosaïque. Cet admirable effet d'ensemble a été réalisé au moyen de pièces et de morceaux, mares et bancs de sable, juxtaposés, séparés les uns des autres par une série de rigoles parallèles divisionnaires, les unes encore pleines d'eau, les autres déjà complètement asséchées, telle celle du tout premier plan et où l'on

peut voir, à droite, les rides se déformer progressivement, puis se perdre à l'endroit où les deux courants générateurs ont pris une direction commune.

Même spectacle à l'intérieur de la baie qu'à sa sortie. Et, partout, par quelque bout qu'on reprenne la question, on aboutit toujours à la même conclusion. Toutes ces stries, — toutes, sauf pourtant quelques exceptions mais motivées par des mouvements du terrain et qui viendraient, si nous nous attardions à les étudier, témoigner elles-mêmes en faveur de notre thèse, — toutes, en leur ensemble, y sont orientées parallèlement au rivage vers un ruisseau rapide formé, sur le côté droit de la baie, par le reflux des masses



Fig. 16.

d'eau que la mer chaque jour monte jusqu'en un marais (fig. 16) occupant, de Plounéour-Trez à Goulven, le fond de la baie. Si notre théorie est juste, on doit, de l'existence et de l'orientation de ces rides, conclure que les eaux de la baie ne se retirent pas suivant une perpendiculaire à la grève, mais sont déviées plus ou moins obliquement par rapport à elle vers ce déversoir. C'est très exactement ce que j'ai toujours constaté : un jour notamment, embusqué dès l'aube

sur la digue sableuse du marais à l'affût des hérons, je tuai un de ces oiseaux. La mer était pleine, toute proche par conséquent. Il y tomba. Précisément je venais de manger : impossible de faire un temps de nage pour l'aller ramasser. Je dus l'abandonner. Tant que la mer fut haute, il flotta sur place devant moi : le supplice de Tantale ! Mon premier héron ! Mais, quand le flot eut baissé quelque peu, très vite alors il dériva, et ce obliquement vers la droite, vers le ruisseau, grand collecteur de toutes les eaux de la baie. Quand il l'eut atteint, il fila en vitesse vers le large et, en quelques minutes, fut hors de vue. Du même coup, l'existence d'un courant transversal combinant ses effets avec ceux du reflux m'était révélée, la formation des Ripple-marks justifiée, et leur orientation expliquée par le trajet qu'avait suivi l'oiseau. J'avais perdu la bête, mais non mon temps.

Et l'on comprend que, sur la « barre » d'une rivière, celle du Belon par exemple qui découvre aux grandes marées, on trouve toujours des Ripple-marks. La masse d'eau qui se retire du fjord, heurtant l'obstacle par son travers, est contrainte d'aller latéralement chercher contre les rives quelque passe plus facile : à gauche, côté de l'anse de Kerfany, le chenal même du Belon ; à droite, une moindre dépression résultant de l'affouillement des sables par les remous au long des roches de la pointe de Riec.

Et, maintenant, on peut revenir aux rides creusées dans le sable sec des dunes ou sur la neige des montagnes ; on observera que, quel que soit l'agent d'exécution, l'air ou l'eau, le procédé est toujours le même. Elles ne se forment jamais sur les surfaces frappées de plein fouet, mais toujours dans les coulées ou sur le flanc des pentes obliquement descen-

dues par le courant d'air : leur direction indique le point de fuite de ce courant (fig. 17).

Par contre, qu'aucun courant transversal n'intervienne, et les Ripple-marks manquent là même où l'on aurait pensé peut-être en trouver. Notre coin de grève du Fort-Bloqué (fig. 6) en est dépourvu, parce que la presqu'île qui sert de socle au fort en interdit l'accès



Fig. 17. — Dunes de sable dans le désert du Sud-Tunisien.
(Photographie Lehnert et Landrock, Tunis).

à tout courant parallèle à la côte, à celui du Coureau filant entre la rive lorientaise du continent et l'île de Groix. Le reflux s'y produit normalement. Les Ripples apparaissent seulement plus bas ou plus loin sur le côté, hors de la zone protégée. Est-ce à dire que, dans ce coin même, il ne s'en forme jamais ? Du tout. J'en ai vu parfois, mais lorsqu'un fort vent d'Ouest poussait de droite, parallèlement à la plage, les eaux au creux du renfoncement.

Je pourrais indéfiniment multiplier les exemples, accumuler les témoignages, mais cette notice finirait par n'être plus qu'un album de photographies. Je n'insisterai pas, estimant suffisamment démontré un fait qu'un chacun d'ailleurs, si je n'ai pas réussi à lever tous les doutes, pourra, sur quelque grève que ce soit, aisément contrôler. Je veux, pour terminer, revenir sur deux points secondaires, mais non sans importance toutefois, que j'avais, après les avoir incidemment signalés, laissés provisoirement de côté pour trancher tout d'abord la question principale.

Il s'agit, non plus du mode même de formation des Ripple-marks, mais de leur emplacement et des différences qu'on observe dans leurs dimensions suivant l'endroit où elles se montrent.

Elles se forment, ai-je dit, sur la grève basse seulement, et là, encore, pas partout, pas toujours.

Je viens d'expliquer pourquoi on n'en aperçoit pas sur la photographie prise en grève du Fort-Bloqué. Pour justifier leur absence en cet endroit de la baie de Goulven représenté figure 5 et qu'enserrent de toutes parts des champs de Ripple-marks, il faut tenir compte d'un facteur dont il n'a pas encore été question : la nature du fond. Ici, nous sommes en présence d'une nappe de vase, non de sable : il n'y a pas à chercher d'autre raison. Les Ripple-marks ne se forment jamais sur fonds de vase.

Ceux-ci, très compacts parce que composés de particules extrêmement fines, opposent



Fig. 18. — Fond de vase dans le steir de Lesconil (Finistère).

aux attaques du flot une résistance d'autant plus efficace que leur surface est visqueuse, gluante; la mer la balaye sans y trouver guère plus de prise que le vent sur une eau protégée par une couche d'huile. Un courant, s'il est très violent, peut y laisser de son passage quelques traces, mais vagues et de médiocre importance : en place de Ripple-marks, on a cette sorte de clapotis figé dans une bouillie semi-pâteuse qu'on voit sur la figure 5.

Que l'on compare encore les effets produits par un même courant dans des conditions rigoureusement identiques, en deux points distants à peine de cent mètres, sur vases (fig. 18) et sur sables (fig. 7), près de Lesconil.

Entre le continent et l'île d'Oléron, le rapide courant de Maumusson crée, sur les sables à gros grains éployés de la pointe de Menon au débarcadère de Saint-Trojan, des

Ripple-marks énormes dans les sillons desquels, aux jours de *maline*, on foëne la sole, le turbot, la plie, la torpille, le trigle-hirondelle. Mais, à partir de ce débarcadère, s'étend une immense vasière, aménagée en parcs à gryphées devant Saint-Trojan, inculte et inaccessible depuis le port de cette localité, tout au long de l'île, jusque par-devant Ors, Le Château et au-delà. La couche de vase, sans cesse accrue par les débris coquilliers provenant des parcs à huîtres, y atteint de 60 centimètres à 1 mètre et plus d'épaisseur. La figure 19 représente, nue sous le soleil à mer basse, la surface de ce désert de boue et les empreintes qu'y marquent les courants venus par les pertuis de Maumusson et d'Antioche. Impossible d'y reconnaître une ébauche de Ripple-marks; et pourtant on est à 200 mètres à peine de la pointe de Menson et de ses Ripples, et dans le même courant.

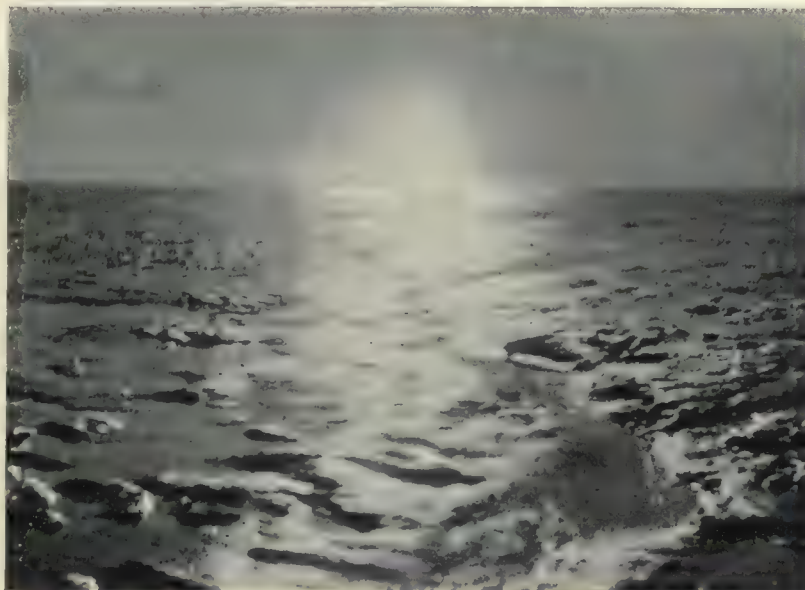


Fig. 19. — Désert de vase à mer basse entre le continent et l'île d'Oléron.

Donc, pas de Ripple-marks sur la vase pure. Elles ne se dessinent que sur le sable, quelle que soit d'ailleurs la pureté de celui-ci. Même très vaseux, comme en particulier dans ces mêmes parages, sur les grèves d'Angoulins, les sables s'en couvrent aisément. Le banc à Ripple-marks que nous avons précédemment signalé en Bretagne, dans la rivière du Trieux, était de sable vaseux, comme en témoigne la vive réverbération de la lumière solaire sur sa surface.

On peut même affirmer que, nulle part, ces ondulations ne sont aussi fines et nettes que là où les courants trouvent en suspension dans l'eau qu'ils véhiculent assez d'argile pour cimenter les matériaux arénacés toujours croulants de ces constructions éphémères. Si le sable est très pur, les grains roulant trop facilement les uns sur les autres tardent davantage, de crête en creux, à s'immobiliser sur la pente du sillon. Ces stries, par suite, ont une base plus large, une hauteur proportionnellement moindre que les Ripple-marks petit modèle formées par fonds légèrement vaseux.

Si le sable est non seulement pur, mais à gros grains, à très gros grains, comme il s'en rencontre par exemple de Penmark à Guilvinnec et Langoz, ou encore, au Sud de Concarneau, de la pointe de la Jument à celle de Trévignon, alors les Ripples ont grand'peine à se former. Elles n'y parviennent que sous la poussée de courants très puissants et prennent, en ce cas, de très remarquables dimensions.

Et, par là, je me trouve amené à formuler la dernière des observations que je

comptais présenter : leurs dimensions sont toujours en rapport direct avec la force des courants générateurs.

Si, en baie de Goulven, après avoir pris la vue I avec, pour ligne d'horizon, la côte de Plouescat, j'avais fait demi-tour et m'étais avancé de 200 ou 300 pas dans la nouvelle direction, celle de Brignogan, j'aurais eu à photographier des Ripples d'une taille double de celles qu'on voit sur le cliché 1. C'est qu'à cet endroit passe, très élargi et sans profondeur, mais toujours rapide, le ruisseau qui sert de déversoir au marais et à la baie. Pendant toute la durée du reflux, le principal effort du courant a porté sur ce point et les stries y ont pris, sur les sables à gros grains transportés là, une ampleur exceptionnelle.

De la même façon s'expliquent les dimensions des Ripples alignées sur la barre du Belon. Par lui-même, le Belon en tant que rivière n'existe pas. C'est, fort peu loin de son embouchure, vers Riec et Moëlan, dans les prés du Guilly,

Un tout petit ruisseau, coulant visible à peine,
Un géant altéré le boirait d'une haleine ;

mais, entre deux filons résistants de granit, l'océan s'est creusé vers lui dans l'intérieur des terres un chemin, un fjord à la sortie duquel, entre les pointes de Riec et de Kerfany, ce ruisseau prend, à mer pleine, des proportions, et, aux heures du reflux, des allures de fleuve impétueux. Son débit est considérable et la profondeur des sillons creusés dans les sables de sa barre donne la mesure de sa puissance, — comme l'ampleur des Ripples formées devant la pointe de Menson décèle la violence des courants qui contournent l'île d'Oléron....

En résumé, je formulerai les conclusions suivantes :

- 1° Les Ripple-marks sont dues uniquement à l'action des eaux ;
- 2° Elles ne se forment jamais sur la haute grève ; ailleurs, jamais par fonds de vase pure ;
- 3° Elles apparaissent en tout point de la basse grève où, par fond de sable, un courant vient transversalement couper le courant normal de reflux ;
- 4° Elles sont alignées dans le sens du courant transversal ; leur orientation, s'il leur arrive de s'écarter de cette direction, exprime le rapport des deux forces en présence ;
- 5° Leurs dimensions sont fonction de la nature du fond, du volume des grains de sable, de la vitesse des eaux.

Expériences sur la puissance de transport des courants d'eau et des courants d'air

et

Remarques sur le mode de formation des roches sédimentaires détritiques et des dépôts éoliens

PAR L. SUDRY.

La connaissance précise de la puissance de transport de l'eau ou de l'air en mouvement doit servir de base à toute étude méthodique de la sédimentation. Les recherches déjà assez nombreuses effectuées à ce sujet fournissent des résultats souvent différents les uns des autres et parfois contradictoires. C'est pourquoi nous avons entrepris plusieurs séries nouvelles d'expériences et tenté ensuite de discuter les résultats et d'établir quelques formules de calcul, aussi exactes, aussi générales et aussi simples que possible. Les données obtenues par nos devanciers et par nous pourront peut-être être utiles à quelques-uns des problèmes de la Géologie et de l'Océanographie.

HISTORIQUE

Les travaux relatifs à l'entraînement des graviers, des sables ou des poussières par les courants d'eau ou par le vent ont pour auteurs des géologues, des géographes, des ingénieurs et des physiciens, tous intéressés à la question. Les méthodes employées et les conditions d'expérimentation diffèrent. La discordance de certains résultats surprend cependant et montre qu'on ne doit négliger aucun facteur, sous peine d'être conduit à des conclusions parfois opposées à la réalité.

Le déplacement d'un corps sous l'action d'un fluide en mouvement peut s'effectuer de deux façons :

1° Ou bien le corps se trouve en suspension dans le fluide qui l'entraîne ;

2° Ou bien il est roulé sur le fond.

Le plus souvent, dans la nature, les deux modes se présentent concurremment. Il importe, pour la netteté des recherches expérimentales, d'établir une distinction rigoureuse que nous conserverons même dans l'exposé historique.

Grains en suspension.

On remarquera que la vitesse limite de chute d'un grain à travers un fluide est égale à la vitesse du courant ascendant vertical qui maintiendrait le même grain en suspension ; pour qu'il y ait équilibre, le poids du grain doit égaler la résistance du fluide ; le problème peut être traité avec précision par les physiciens à deux conditions : en premier lieu, la forme des grains doit être géométriquement définie ; en second lieu, la vitesse doit être forte, ou très réduite.

Depuis longtemps on sait qu'aux fortes vitesses la résistance est proportionnelle à la section du grain, à la densité du fluide et au carré de la vitesse (1).

Stokes a démontré (2) qu'une sphère de rayon r , se mouvant avec une vitesse très faible V à travers un fluide de viscosité η , éprouvait une résistance égale à $6 \pi r \eta V$.

Lord Rayleigh (3) a indiqué les restrictions à apporter aux résultats de Stokes. Quand la vitesse est faible, le mouvement du fluide au voisinage de la sphère est régulier et la distance de la sphère, à partir de laquelle la vitesse peut être négligée, est proportionnelle à r ; le gradient de vitesse sera $\frac{V}{r}$ et la résistance due à la viscosité sera, par

unité de surface, $\eta \frac{V}{r}$. Quand la vitesse dépasse une certaine valeur critique, le mouvement du fluide au voisinage de la sphère devient tourbillonnaire, de la même façon que, si la vitesse d'un fluide qui s'écoule le long d'un tube dépasse une certaine valeur, l'écoulement cesse d'être régulier et devient tourbillonnaire et ondulatoire. La résistance par unité de surface est alors proportionnelle au carré de la vitesse et à la densité du fluide.

M. Allen (4) a cherché à mesurer la vitesse terminale de chute et la résistance de sphères s'élevant ou tombant à travers un fluide ; il distingue trois cas :

1° *Vitesse très petite*. — La résistance est proportionnelle à la simple vitesse ; la relation entre la vitesse terminale de chute V et le rayon r est la suivante, en désignant par σ la densité du fluide et par η sa viscosité, par ρ la densité de la sphère et par g l'accélération de la pesanteur :

$$V = \frac{2}{9} g \frac{\rho - \sigma}{\eta} r^2.$$

(1) I. NEWTON, *Mathematical Principles of Natural Philosophy*, Book II, Scholium et Sect. vi.

(2) G. STOKES, *Cambridge Philosophical Transactions*, vol. IX, (2), 1850.

(3) RAYLEIGH, On the Question of the Stability of the Flow of Fluids (*Phil. Mag.*, t. XXXIV, pp. 59-70, 1892).

(4) H. S. ALLEN, On the Motion of a Sphere in a Viscous Fluid (*Philosophical Magazine*, vol. L, pp. 323-338 et 519-534, (2), 1900). Voir aussi, sur le mouvement de sphères tombant à travers l'eau à grande vitesse, R. S. WOODWARD, *Trans. New-York Acad. Sc.*, t. XV, p. 2, 1895.

2° *Vitesse assez grande* pour rendre les forces dépendant du carré de la vitesse comparables à celles dépendant de la viscosité. La résistance est proportionnelle à $V^{\frac{3}{2}}$, et l'expression de la vitesse en fonction du rayon devient :

$$V = \frac{1}{2} \frac{[(\rho - \sigma) g]^{\frac{2}{3}} r - \frac{2}{5} R}{(\eta \sigma)^{\frac{1}{3}}}$$

en désignant par R le « rayon critique » donné par la formule :

$$R^3 = \frac{9 \eta^2}{2 g \sigma (\rho - \sigma)}$$

3° *Vitesse forte*. — La résistance est proportionnelle au carré de la vitesse ; l'expression de la vitesse devient :

$$V^2 = \frac{1}{k} \frac{4}{3} \pi g \cdot \frac{\rho - \sigma}{\sigma} \cdot r$$

le coefficient k étant égal approximativement à 0,56 d'après les expériences de M. Allen (1).

Le triage de sables ou de limons par un courant d'eau vertical a été étudié avec beaucoup de soin par Eug. W. Hilgard (1). Il s'agit ici, non plus de grains sphériques, mais de grains irréguliers de forme mal définie. Les diverses catégories distinguées par Hilgard sont les suivantes :

NATURE DU SÉDIMENT	DIAMÈTRE en centimètres.	VITESSE du courant vertical ascendant. cm. sec.	NATURE DU SÉDIMENT	DIAMÈTRE en centimètres.	VITESSE du courant vertical ascendant. cm. sec.
Sable gros.....	0,0500	6,4	Vase très grossière.....	0,0045	0,200
— moyen.....	0,0280	3,2	— grossière.....	0,0035	0,100
— fin.....	0,0170	1,6	— moyenne.....	0,0025	0,050
— très fin.....	0,0110	0,8	— fine.....	0,0015	0,020
Poussière.....	0,0070	0,4	— très fine.....	<0,0010	<0,025

La température de l'eau n'est pas indiquée. Les résultats sont influencés par la valeur du diamètre absolu du tube trieur ; les frottements prennent relativement plus d'importance dans les tubes de petit diamètre ; les mesures les meilleures et les plus comparables s'effectuent dans des tubes de grand diamètre. La présence d'argile dans l'instrument augmente la viscosité de l'eau, au point de permettre à un courant de 0,025 cm. sec. d'enlever un sédiment appartenant à la catégorie de 0,100 cm. sec. dans

(1) M. Allen, ayant fait figurer implicitement l'accélération de la pesanteur g dans le calcul du coefficient k , qui intervient dans l'expression de la résistance $k r^2 V^2$ pour la sphère aux fortes vitesses, arrive à obtenir pour k des valeurs inexactes, comprises entre $5,42 \times 10^{-4}$ et $5,61 \times 10^{-4}$. Nous avons rétabli le calcul de k indépendamment de g en aboutissant à la valeur moyenne 0,56 (C.G.S.).

(2) EUG. W. HILGARD, On the Silt Analysis of Soils and Clays (*American Journal of Science*, 3^e Series, t. VI, pp. 288-296, 1873).

l'eau pure. Inversement, si l'argile floccule, elle agglutine quelques grains, parfois une trentaine, et l'ensemble tombe avec une grande vitesse.

Le transport des minéraux par les courants d'eau ou par le vent a été à plusieurs reprises l'objet des recherches de M. Thoulet (1). Obtenus indépendamment de toute idée théorique, ses résultats se rapportent à des grains maintenus en suspension dans un courant d'eau ou un courant d'air vertical ascendant qui parcourt un tube de verre ou abandonnés en chute libre à travers l'eau.

La représentation par un graphique de la relation entre les rayons de grains presque sphériques de densité déterminée et la vitesse du courant d'eau vertical nécessaire à la suspension (2) fournit des courbes qui se rapprochent de paraboles : pour les fortes densités, leur axe se confond avec celui des rayons ; pour les faibles densités, il s'incline de plus en plus au-dessous de l'axe des rayons, mais continue à passer au voisinage de l'origine. Sans que l'auteur ait cherché à établir aucune formule de calcul, l'examen des courbes permettrait de déduire, dans le cas de fortes densités et de fortes vitesses, la proportionnalité du rayon au carré de la vitesse, la relation devenant plus complexe aux faibles densités et aux vitesses moyennes. D'après les courbes du graphique donné par M. Thoulet, le rayon de grains de densités différentes, en suspension à une même vitesse du courant, ne semblerait pas varier exactement en raison inverse de la densité relative.

Un autre mode opératoire consiste à mesurer la vitesse limite de chute dans l'eau, en notant au compteur à pointage le temps nécessaire pour que des grains quartzeux plus ou moins irréguliers, de dimensions connues, franchissent à travers l'eau l'intervalle vertical compris entre deux repères (3). Des portions sableuses à peu près homogènes comme grosseur s'isolent successivement par passage à travers des tamis de plus en plus fins. La comparaison des mesures effectuées soit dans l'eau douce, soit dans une solution de chlorure de sodium de densité 1,0265, montre à M. Thoulet que « la vitesse de chute dans la mer est, en moyenne, celle dans l'eau douce multipliée par le nombre constant 0,955. » La température de l'eau n'est pas indiquée. Les nombres obtenus ont été reportés sur un graphique. Les courbes, pour les vitesses supérieures à 2 centimètres par seconde, sont légèrement concaves vers l'axe des diamètres. Le point le plus rapproché de l'origine nous semble montrer qu'au voisinage de l'origine la concavité

(1) J. THOULET, Expériences relatives à la vitesse des courants d'eau ou d'air susceptibles de maintenir en suspension des grains minéraux (*Annales des Mines*, 8^e série, t. V, pp. 507-530, 1884); — Expériences sur la sédimentation (*Id.*, t. XIX, pp. 1-35, 1891); — Sédiments marins d'origine éolienne (*Comptes-rendus Acad. des Sciences*, t. CL, p. 947, 1910); — Analyse d'une poussière éolienne de Monaco et considérations générales relatives à l'influence de la déflation sur la constitution lithologique du sol océanique (*Ann. de l'Institut Océanographique*, t. III, fasc. 2, 1911).

(2) J. THOULET, Expériences relatives à la vitesse des courants d'eau ou d'air susceptibles de maintenir en suspension des grains minéraux (*Annales des mines*, 8^e série, t. V, pp. 511-522 et pl. XVI, fig. 9, 1884).

(3) J. THOULET, Analyse mécanique des sols sous-marins (*Annales des Mines*, t. XVII, 4^e livraison, avril 1900); — Chute des sédiments à travers les eaux océaniques (*Comptes-rendus Acad. Sciences*, t. CLIII, p. 787, (2) 1911); — Mémoires de lithologie marine (*Annales de l'Institut Océanographique*, t. III, fasc. 7, 1912).

Les conclusions, fort importantes pour l'Océanographie et la Géologie, déduites par M. Thoulet des résultats de ses travaux, méritent d'être consultées par quiconque tente de reprendre sur des bases nouvelles les mêmes recherches de Géologie expérimentale.

est au contraire tournée vers l'axe des vitesses. Ces nouveaux résultats de M. Thoulet sont, dans leur ensemble, très comparables avec les nôtres. Les vitesses de chute indiquées nous paraissent cependant un peu trop faibles, surtout pour les grains les plus fins; les expériences portaient, en effet, non pas sur des grains isolés, mais sur une pincée de grains, et nos propres expériences nous ont montré que la vitesse de chute d'une masse de grains était moindre que celle des mêmes grains isolés ou peu nombreux.

Quelques mesures relatives à l'enlèvement de grains irréguliers de quartz par un courant d'air ascendant, de vitesse comprise entre 1,5 et 5,4 mètres par seconde, avaient conduit M. Thoulet à tracer, comme courbe des vitesses en fonction des rayons, une courbe parabolique dont l'axe coïncidait avec l'axe des vitesses (1), ce qui eût montré la proportionnalité du rayon à la racine carrée de la vitesse, dans le cas de courants d'air. De nouvelles recherches sur l'enlèvement des sables par un courant d'air vertical ont fourni des résultats différents (2); les dimensions des grains entraînés augmentent beaucoup plus rapidement à des vitesses croissantes et la courbe obtenue est voisine d'une droite : d (diamètre des grains quartzeux en millimètres) = $0,081 \nu$ (vitesse du courant d'air vertical en mètres par seconde).

Le procédé du maintien de solides en suspension dans un courant d'eau vertical peut être critiqué à cause de différences de vitesse aux divers points d'une même section du tube usité pour les expériences. Aussi, le D^r Owens (3) emploie une méthode photographique en prenant, à des intervalles précis, des instantanés de solides qui tombent en chute libre à travers l'eau contenue dans un tube de verre. Les résultats sont identiques et pour l'eau douce et pour l'eau de mer. Soient ν la vitesse en pieds par seconde, d le diamètre en pieds du corps qui tombe à travers l'eau, s son poids spécifique, et k une constante, fonction de la forme du corps et de quelques autres facteurs; l'expression de la vitesse terminale est donnée par l'équation :

$$\nu = k \sqrt{d(s-1)}$$

La valeur de k s'élève à 9,35 pour une sphère; elle descend à 8,25 pour les corps arrondis et à 6,12 pour les grains ordinaires de quartz ou de silex d'un diamètre supérieur à 0,125 pouce. Aux vitesses réduites et pour de faibles diamètres, k diminue notablement; ce coefficient devient égal à 1,28 seulement dans le cas de quartz de 0,003 pouce de diamètre, qui tombe à la vitesse de 0,027 pied par seconde. La rapide diminution de k conduit le D^r Owens à ne pas faire passer par l'origine la courbe des vitesses en fonction des diamètres, mais à lui faire rencontrer l'axe des diamètres.

Une élévation de température accroît la chute des particules fines.

La boue ou les grains ténus, en suspension dans l'eau, exercent le même effet que s'ils étaient dissous et semblent augmenter la densité de l'eau. Le ralentissement de la vitesse

(1) J. THOULET, *Annales des Mines*, 8^e série, t. V, pp. 527-530, et pl. XVI, fig. 12, 1884.

(2) J. THOULET, *Annales de l'Institut Océanographique*, t. III, fasc. 2, p. 4, 1911.

(3) JOHN S. OWENS, Experiments on the Settlement of Solids in Water (*The Geographical Journal*, vol. XXXVII, pp. 59-79, janvier 1911).

de chute de grains très fins, dans une eau de plus en plus chargée de kaolin, se montre de beaucoup supérieur à l'effet que produirait la simple diminution de densité relative; les mesures, au nombre de quatre seulement, ne permettent pas d'établir une loi précise.

Les grains tombent, soit en tournant sur eux-mêmes autour de leur axe d'allongement, soit en oscillant, soit en demeurant immobiles, mais toujours de manière à présenter la plus grande surface horizontale possible.

Grains roulés.

Les grains peuvent être roulés, soit isolément, sur un sol poli ou rugueux, soit en masse. Faute d'une distinction rigoureuse entre les divers cas possibles, faute d'une spécification exacte de la forme des grains, de la pente du fond, les résultats expérimentaux et les conclusions qu'on en tire offrent peu de valeur.

Afin de connaître la vitesse nécessaire à une rivière pour déplacer les matériaux de son lit, Dubuat (1) garnissait un canal en bois successivement d'argile, de sables, de graviers, de galets. L'inclinaison du canal était accrue jusqu'à ce que la vitesse d'écoulement de l'eau correspondit au déplacement sur le fond des éléments étudiés. Les résultats de Dubuat sont incidemment cités et critiqués plus loin; ils nous semblent se rapporter, les uns au début de l'entraînement du sable en masse, les autres au déplacement de grains roulant les uns sur les autres et glissant sur le fond du canal.

L'apparition et la disparition des ripple-marks ont été notées par Dubuat. A une vitesse de 30 centimètres par seconde, le fond sableux se ride suivant des directions perpendiculaires au courant, et les grains de sable franchissent les crêtes, en roulant sur le talus d'amont et en descendant de leur propre poids sur le talus d'aval. A une vitesse de 50 centimètres par seconde, des tourbillons emportent le sable avec rapidité et en aplatisent la surface.

Daubrée (2) a surtout étudié l'usure des roches qui, d'après lui, produit presque uniquement du limon et du sable très fin. Les grains d'un dixième de millimètre de diamètre demeureraient facilement en suspension dans l'eau agitée; tout sable plus fin resterait donc indéfiniment anguleux. Les sables plus grossiers seraient roulés sur le fond et par conséquent arrondis.

Sans effectuer aucune expérience et par une simple suite de déductions inexactes, l'ingénieur Belgrand (3) essaie d'établir à quelle vitesse un corps de dimensions connues

(1) DUBUAT, Principes d'hydraulique. Résultats cités par MINARD, *Cours de construction*, p. 10, et par ELIE DE BEAUMONT, *Leçons de géologie pratique*, t. II, p. 138, Paris, 1849. — LYELL, dans ses *Principes de Géologie* (traduction Ginestou, p. 459, 1873) reproduit des nombres extraits de l'*Encyclopédie Britannique*, article Rivière, qui paraissent se rapporter aux expériences de Dubuat.

(2) DAUBRÉE, Rapport sur les progrès de la géologie expérimentale, 1867, pp. 47-48, et Études synthétiques de géologie expérimentale, 1879, pp. 250-256.

(3) E. BELGRAND, Le bassin parisien aux âges antéhistoriques, pp. 69-74. Paris, imprimerie impériale, 1869.

sera mis en mouvement par l'eau agissant par sous-pression sur une pente légèrement inclinée et montante. Les résultats sont conformes à l'équation $d = 0,019 \nu^2$, où d représente le diamètre en mètres et ν la vitesse en mètres par seconde. Bien que les nombres obtenus ne soient fondés ni sur des mesures, ni sur un raisonnement plausible, ils ont été souvent cités (1).

Les faits d'observation rapportés par Belgrand offrent, par contre, un grand intérêt. Ainsi qu'il l'a remarqué au cours des travaux exécutés pour la ville de Paris, la puissance avec laquelle un courant est susceptible de transporter le fond en masse diminue d'une façon notable sur un sol plat et uni et augmente, par contre, lorsque des sillons normaux au courant sont creusés dans le fond. L'interposition de grains plus fins favorise le transport des éléments volumineux; l'eau déplace très facilement des blocs disséminés dans un banc de gravier ou de sable, alors que, sur un lit rocheux ou sur un lit tassé et durci, ces blocs demeureraient immobiles.

Dans la troisième édition de son Manuel de Géologie (2), Dana rapporte que le limon le plus fin est balayé et entraîné en masse par un courant qui dépasse un quart de pied par seconde; un fond de sable se déplace sous l'action d'un courant supérieur à un pied par seconde; à une vitesse de 2 pieds, le gravier commence à se mouvoir; enfin, à une vitesse de 4 pieds, les pierres elles-mêmes sont ébranlées.

Dana cite également les résultats de l'ingénieur en chef Jacquet (3), qui correspondent à la formule $d = 0,0004 \nu^2$, (C. G. S.). Les vitesses seraient, d'après Dana, celles juste capables de mouvoir les corps sur le fond. Il est possible, en effet, que ces vitesses se rapportent à des grains roulés sur fond rugueux; mais nous pouvons remarquer qu'elles correspondent à peu près aux vitesses nécessaires à un courant d'eau vertical pour maintenir en suspension des grains siliceux ou calcaires.

Par un raisonnement ingénieux, M. Thoulet (4) a essayé d'établir la vitesse nécessaire à un courant d'eau pour le déplacement de sphères, de densité et de rayon connus, roulant sur une couche horizontale de sphères identiques.

D'autres résultats du même auteur, relatifs au maintien de grains sphériques immobiles dans un tube incliné parcouru par un courant ascendant (5), nous semblent se rapporter, non pas au cas de grains en suspension, mais au cas de grains roulés presque sans frottement le long d'une pente montante. A mesure qu'on s'éloigne de la verticale, les vitesses diminuent très régulièrement. Pour des courants de quelques décimètres par

(1) Quelques uns de ces nombres sont cités comme des résultats expérimentaux dans le *Traité de Géologie* de A. DE LAPPARENT (1^{re} édition, p. 202; 5^e édition, p. 183). Le tableau donné par A. de Lapparent est reproduit exactement dans les *Grundzüge der Geologie*, de W. VON GUMBEL, p. 317, Kassel, 1888. Dans son *Manual of Geology* (3^a édition, p. 654, et 4th édition, p. 169), DANA donne, comme résultats des expériences de Dubuat, quelques-uns des exemples calculés par Belgrand.

(2) DANA, *Manual of Geology*, 3^a édition, p. 654.

(3) JACQUET, 1878, in DANA, *loc. cit.*, p. 655.

(4) J. THOULET, *Annales des Mines*, 8^e série, t. V, pp. 523 et 524, 1884.

(5) J. THOULET, *Annales des Mines*, 8^e série, t. V, pp. 516 et 517, 1884.

seconde, les vitesses, ainsi qu'on peut s'en rendre compte sur le tableau qui en est donné (1), sont proportionnelles à la racine carrée du *sinus* de la pente.

On a quelquefois essayé, pour se placer dans des conditions identiques aux conditions naturelles, de faire enlever à l'air libre des grains de sable, de grosseur connue, par le vent dont la vitesse était mesurée à l'anémomètre. Les résultats se rapportent alors au cas de grains roulés les uns sur les autres ou déplacés en masse sous l'action du vent. Malheureusement, les remous, qui se produisent toujours dans les couches d'air voisines du sol, enlèvent toute précision à ces mesures.

Une exception doit être faite pour les recherches de Sokoloff, qui joignent à une exactitude suffisante l'avantage de représenter l'observation de phénomènes naturels. Comme préliminaire à un important travail sur les dunes de Russie (2), Sokoloff a noté les vitesses du vent nécessaires au déplacement de sables quartzeux à grains arrondis de diamètre connu, à la surface de dunes sans trace d'humidité (3). Les mesures, assez comparables les unes aux autres, correspondent, pour des vitesses comprises entre 4 et 13 mètres par seconde, à la formule approchée : d (diamètre en millimètres) $= 10^{-2} \times v^2$ (vitesse en mètres par seconde).

Des expériences récentes, conduites avec soin et relatives au déplacement, sous l'action d'un courant d'eau, des matériaux sur fond sableux, ont été effectuées par le D^r Owens (4) au bord de la mer, en utilisant les courants de vidange des mares abandonnées par le jusan. La vitesse était mesurée; puis des graviers ou des galets siliceux appartenant à une série de dimensions connues croissantes étaient successivement essayés jusqu'à en trouver un qui ne roulât plus sur le fond; le diamètre du plus gros galet roulé était alors noté.

Toutes les pierres, même plates, se meuvent, non pas en glissant sur le sol, mais en roulant; les galets discoïdaux tournent sur leur tranche à la façon d'une roue.

Les résultats concordent en moyenne avec la formule :

$$d = \frac{45 v^2}{w - 64} \quad \text{ou, pour le silex :} \quad d = \frac{v^2}{2,2};$$

d est le diamètre en pouces, v la vitesse en pieds par seconde, w le poids d'un pied cubique en livres.

Le sable du rivage commençait à se déplacer nettement sous l'action d'un courant de 0,85 pied par seconde. Pour toutes vitesses comprises entre 0,85 et 2,50 pieds par seconde, des ripple-marks très nets ondulaient le fond; au-dessus de cette dernière « vitesse critique », ils étaient soudain effacés. Aussi, au-dessous de 2,50 pieds par seconde, les galets déposés sur le sable ridé s'arrêtaient au creux des ripple-marks; ils ne pouvaient subir un déplacement continu qu'au-dessus de la « vitesse critique ».

(1) J. THOULET, *loc. cit.*, p. 517.

(2) N. A. SOKOLOV, *Die Dünen. Bildung, Entwicklung und innerer Bau (Deutsche Ausg. von A. Arxruni, Berlin, 1894).*

(3) VENUKOFF. Sur les résultats recueillis par M. Sokoloff, concernant la formation des dunes (*Comptes-rendus Acad. Sciences*, t. C, p. 472, (1) 1885).

(4) JOHN S. OWENS, Experiments on the Transporting Power of Sea-currents (*The Geographical Journal*, vol. XXXI, pp. 415-425, 1908).

Dans les expériences précédentes, d'une part les graviers et les galets descendaient la pente de sables parfois mouvants, ce qui facilitait le déplacement ; d'autre part, les galets présentaient des formes irrégulières et ils roulaient parfois sur un fond de gravier, ce qui avait pour conséquence d'accroître les frottements et de nécessiter, dans certains cas, de plus fortes vitesses. Les deux effets se retranchent, et les résultats obtenus par le Dr Owens ne s'écartent jamais beaucoup de la moyenne adoptée par lui.

Les conditions du déplacement des grains en masse ont été précisées par le professeur Osborne Reynolds, auteur d'importants travaux relatifs au changement de régime des courants dans un canal déterminé (1) ou ayant trait à l'action des courants et des vagues sur le lit des cours d'eau, principalement dans les estuaires et sur les rivages (2).

Quelques années après Hagen (3) et par un raisonnement différent et plus rigoureux, Osborne Reynolds a démontré que, lorsqu'un fluide s'écoule à travers un tube, le changement du régime simple de Poiseuille en un régime mixte, suivi à une plus forte vitesse par le régime hydraulique, avait lieu lorsque l'expression $\frac{\sigma c \nu}{\eta}$, dans laquelle σ désigne la densité et η la viscosité du fluide, ν la vitesse moyenne et c la plus petite dimension transversale au courant de paroi à paroi, atteignait une valeur déterminée, que des considérations théoriques fixent à 500 (C. G. S.), mais qui est en réalité égale à 2000 pour les tubes de verre. La valeur de la constante est extrêmement supérieure s'il s'agit de cours d'eau naturels dont les parois ne sont ni polies, ni rigides. Le pouvoir que possède un courant d'enlever le sable du fond et de l'entraîner paraît dépendre du passage de l'écoulement rectilinéaire du régime de Poiseuille à un écoulement tourbillonnaire.

La façon dont un courant agit sur les matériaux de son lit a été l'objet, en effet, de recherches expérimentales variées de la part d'Osborne Reynolds. « L'action primordiale « du courant n'est pas tant de charrier les grains le long du fond, mais de les soulever et de « les maintenir en une sorte de suspension tourbillonnaire, à une plus ou moins grande « hauteur au-dessus du lit pendant une certaine distance, et ensuite de les laisser tomber, « de sorte que, pendant l'entraînement du sable sous l'action de l'eau en mouvement, il « existe au voisinage du fond une couche d'eau plus ou moins mince, chargée de plus ou « moins de sable.... Il faut, pour arracher les grains du fond où ils reposent, une certaine « vitesse, variable suivant les dimensions et le poids de ces grains. Pour toutes les vitesses « supérieures au minimum nécessaire à l'enlèvement du sable, la charge en suspension « s'accroît avec la vitesse, et l'augmentation de charge est beaucoup plus rapide que celle

(1) OSBORNE REYNOLDS, On the dynamical Theory of incompressible viscous Fluids and the Determination of the Criterion, 1895 (*Philos. Trans. R. Soc. of London*, 1883 et 1895 ; *Scient. Papers*, t. II, pp. 51 et 535).

(2) OSBORNE REYNOLDS, On certain Laws relating to the Regime of Rivers and Estuaries, and on the Possibility of Experiments on a Small Scale (*British Association*, 57th Report, Manchester Meeting, 1887) ; — First Report of the Committee appointed to investigate the Action of Waves and Currents on the Beds and Foreshores of Estuaries by Means of Working Models (*British Association*, 59th Report, Newcastle Meeting, 1889) ; — Second Report of Committee, etc. (*British Associat.*, 60th Report, Leeds Meeting, 1890). — Third Report of Committee, etc. (*Brit. Associat.*, 61st Report, Cardiff Meeting, 1891).

(3) HAGEN, *Abhandl. Akad. Wiss., Berlin, Math. Abt.*, p. 17, Berlin, 1854.

« de la vitesse. Des essais ont été tentés avec plus ou moins de succès pour déterminer la « relation exacte entre, d'une part, les vitesses minima auxquelles commence le déplacement « et, d'autre part, le poids des grains et quelques autres circonstances, ou encore pour « déterminer la loi exacte de l'accroissement de la vitesse de transport du sable lorsque le « courant devient plus rapide (1) ». Quand le courant est sursaturé de sable, il se produit un alluvionnement. Lorsque la charge du courant est bien inférieure à la charge limite, il se produit un ravinement et les grains soulevés sont rapidement emportés d'un mouvement continu. Enfin, lorsque la charge atteint juste la limite qu'elle ne peut dépasser, l'enlèvement d'un grain de sable doit être compensé par la chute d'un autre grain de sable; le déplacement total demeure insensible ou très faible, et le fond se dispose le plus souvent en une série de ripple-marks. Dans les estuaires modèles servant aux expériences d'Osborne Reynolds, « l'existence, au-dessous des basses eaux, de ripple-marks dus à la « marée a fait présumer l'existence, dans les estuaires réels, de ripple-marks identiques, « qui y ont été trouvés, en effet, lorsqu'on les y a cherchés »; la longueur d'onde des ride-ments est toujours égale à environ 12 fois leur amplitude.

Les recherches de G.-H. Darwin sur la formation des ripple-marks comportent plutôt des observations que des mesures précises (2). Pour le sable fin utilisé dans ses expériences, les rides n'apparaissent pas si la vitesse est inférieure à un demi-pied ou supérieure à un pied par seconde; elles semblent dues à la formation de tourbillons. Lorsque passe un courant horizontal, des remous se produisent derrière les ripple-marks comme derrière toutes les inégalités de la surface; les grains sont entraînés sur le talus d'amont de chaque ride dans la direction du courant; mais, parvenus au sommet de la crête, un remous s'oppose à leur descente sur le talus d'aval; le comblement des sillons interposés entre les crêtes est de la sorte empêché et l'existence des ripple-marks maintenue.

De nombreux mémoires, relatifs au mode de formation des dunes et à l'origine des ripple-marks (3), ne se rapportent pas directement au sujet de notre étude. Il faut pourtant citer les travaux de M. Jean Brunhes (4), qui montrent l'importance des phénomènes tourbillonnaires, aussi bien dans l'atmosphère que dans les cours d'eau.

(1) OSBORNE REYNOLDS, On certain Laws relating to the Regime of Rivers and Estuaries and on the Possibility of Experiments on a Small Scale (*British Association*, 57th Report, p. 556, Manchester Meeting, 1887).

(2) G.-H. DARWIN, On the Formation of Ripple-mark in Sand (*Proceed. Roy. Soc. London*, t. XXXVI, pp. 18-43, 1884).

(3) N.-A. SOKOLOV, Die Dünen. Bildung, Entwicklung und innerer Bau (*Deutsche Ausg. von A. Arxruni*, Berlin, 1894). — OTTO BASCHIN, Ein Beitrag zur Kymatologie (*Zeitschrift d. Gesellsch. für Erdkunde*, t. XXXIV, pp. 408-424, Berlin, 1899). — JOHANNES WALTHER, Das Gesetz der Wüstenbildung, Berlin, 1900). — E. VON CHOLNOKY, Die Bewegungsgesetze des Flugsandes (*Földtani Közlöny*, t. XXXII, pp. 106-143, 1902). — F. FOUREAU, Quelques considérations sur les dunes et les phénomènes éoliens (*Mission Saharienne, Documents scientifiques*, t. I, pp. 213-237, 1905). — A. R. HUNT, On the formation of Ripple-Mark (*Proceed. Roy. Soc. London*, t. XXXIV, p. 1, 1882). — DE CANDOLLE, Rides formées... (*Arch. Sc. phys. et nat.*, Genève, vol. IX, 15 mars 1883). — Voir aussi, sur les ripple-marks, les travaux de M^{me} H. AYRTON, Expériences sur la formation des ondulations de sable sur le bord de la mer (*Rev. gén. Sciences*, t. XVIII, p. 690, 1907); Sur la formation des rides de sable et sur les mouvements internes de l'eau oscillante (*Soc. française de physique*, séance du 19 mai 1911).

(4) JEAN BRUNHES, Le travail des eaux courantes; la tactique des tourbillons (*Mém. de la Soc. fribourgeoise des Sc. Nat., Géol. et Géogr.*, t. II, fasc. 4, pp. 153-224, 1902); — Id., Érosion tourbillonnaire éolienne (*Mem. della Pontificia Accad. Romana dei Nuovi Lincei*, t. XXI, pp. 129-148, 1903).

Le D^r Vaughan Cornish s'est spécialisé dans l'étude des ondulations et des structures ondulatoires (1). Ses recherches sur les dunes, sur les ripple-marks dus au vent ou aux courants d'eau, confirment et complètent les résultats d'Osborne Reynolds. Quelques mesures, qui nous intéressent plus spécialement, ont été effectuées par lui sur les côtes des comtés de Dorset et de Norfolk (2). Elles se rapportent au transport en masse du sable de la plage sous l'action de petits courants de quelques pouces de profondeur. A une vitesse de 0,54 pied par seconde pour du sable dont les grains ont $\frac{1}{60}$ de pouce de diamètre, ou de 0,60 pied par seconde pour du sable un peu plus grossier de $\frac{1}{50}$ de pouce environ, le déplacement s'opère avec une extrême lenteur, excepté en quelques points où prennent naissance des tourbillons, et le fond, sans montrer les ripple-marks bien connus, présente seulement quelques rides à des intervalles considérables. Les vitesses de 1,16 pied pour le premier sable et de 1,49 pour le second entraînent la production de ripple-marks très nets, d'environ 3 pouces de longueur d'onde. Enfin les vitesses de 2,00 et de 2,12 pieds correspondent au transport rapide des sables précédents, lorsque les ripple-marks ont disparu et que l'eau voisine du fond est devenue trouble à cause du sable qu'elle tient continuellement en suspension. Les résultats du D^r Cornish ne diffèrent pas extrêmement de ceux du D^r Owens obtenus dans des conditions similaires ; mais ils s'écartent bien davantage de ceux de G.-H. Darwin. Nous pouvons penser, en effet, que les vitesses nécessaires à l'entraînement en masse dépendent de la forme, de la nature et des dimensions du canal. De plus, il paraît difficile de déterminer avec précision, soit l'instant de la disparition des ripple-marks à une vitesse croissante, soit le moment exact où les petites rides très espacées et l'immobilité presque complète du sable font place aux véritables ripple-marks et au début du déplacement en masse.

En résumé, si l'on excepte le cas de sphères parfaites en suspension dans un courant ascendant vertical animé de faibles ou de fortes vitesses, les résultats sont incertains et, surtout lorsqu'il s'agit de grains roulés, parfois même contradictoires. Nous avons tenté de reprendre la question dans sa totalité et sa complexité, et nous sommes parvenus, pour le cas de grains en suspension, à une loi d'une simplicité relative et d'une exactitude remarquable. Lorsque les grains sont roulés isolément, la précision diminue beaucoup, à cause de la difficulté que l'on éprouve à définir les rugosités respectives des grains et du sol. Enfin, pour les grains déplacés en masse, nos formules, applicables tant que les conditions demeurent à peu près analogues à celles de nos expériences, perdent leur généralité ; la plus grande prudence doit être alors recommandée, soit dans l'emploi de toute

(1) VAUGHAN CORNISH, On the formation of Sand-dunes (*Geographical Journal*, vol. IX, 1897, pp. 278-309) ; — On Sea Beaches and Sand-banks (*Geogr. Journ.*, vol. XI, 1898, pp. 528-543 et 628-647) ; — On Kumatology (*Geogr. Journ.*, vol. XIII, 899, pp. 1624-628) ; — On Desert Sand-dunes, etc. (*Geogr. Journ.*, vol. XV, January 1900) ; — On Snow-ripples (*British Associat.*, 70th Report, Bradford Meeting, 1900) ; — Formation of Wave-surfaces in Sand (*Scottish Geograph. Magazine*, vol. XVII, January 1901) ; — On Sand-waves in Tidal Currents (*Geogr. Journ.*, vol. XVIII, 1901, pp. 170-202).

(2) VAUGHAN CORNISH, *The Geographical Journal*, t. XXXI, pp. 421 et 422, 1908.

formule mathématique, soit dans l'extension aux phénomènes naturels des résultats bruts de l'expérience.

Dans le but d'éviter des confusions possibles, nous examinerons successivement les quatre cas principaux qui peuvent se présenter :

- I. Grains en suspension dans un courant d'eau ;
- II. Grains roulés sur le fond par un courant d'eau ;
- III. Grains en suspension dans un courant d'air ;
- IV. Grains roulés sur le sol par le vent.

Le problème complexe de la sédimentation des argiles a été laissé de côté dans ce travail. Les argiles sont des mélanges de granules excessivement fins et de gels colloïdes ; leur densité relative dans l'eau, ainsi que leur vitesse de chute, sont extrêmement variables et dépendent de l'équilibre entre l'hydrosol et le gel colloïde, c'est-à-dire de tous les phénomènes d'absorption et d'adsorption (1). Nos expériences actuelles et leurs conclusions s'appliquent principalement aux corps dont la densité dans l'eau, facile à connaître, demeure invariable malgré de légères modifications chimiques du milieu.

COURANTS D'EAU. GRAINS EN SUSPENSION.

Le cas de grains en suspension dans un courant d'eau ascendant est relativement simple et facilement accessible à l'expérience. Les dimensions des grains varient en fonction d'un nombre de facteurs cependant assez élevé. Nous avons cherché à étudier :

- 1° L'influence de la vitesse du courant ;
- 2° L'influence de l'inclinaison du courant ;
- 3° L'influence de la densité des grains ;
- 4° L'influence de la forme des grains ;
- 5° L'influence de la nature des grains ;
- 6° L'influence de la température de l'eau ;
- 7° L'influence des matières en dissolution ;
- 8° L'influence des matières en suspension.

Dispositifs expérimentaux.

Il importe de connaître avec exactitude la forme, les dimensions et la densité des corps étudiés.

Les grains rencontrés dans la nature n'ont presque jamais une forme géométrique

(1) Une liste bibliographique des travaux relatifs aux argiles colloïdales, à leur constitution et à leurs propriétés, se trouve à la fin du mémoire, lui-même très important, de HARRISON EVERETT ASHLEY, *The colloïd matter of Clay and its measurement* (*Bulletin United States Geological Survey*, n° 388, 1909). — Voir aussi, au sujet des propriétés des colloïdes, la thèse de M. DUCLAUX, (Thèse Physique, Paris, 1904). Les phénomènes d'adsorption et d'absorption ont été depuis longtemps décrits par M. THOULET sous le nom d' « attraction moléculaire. »

définie. Nous avons utilisé des sables de dunes, à éléments arrondis, des graviers et des sables marins, à éléments arrondis ou anguleux. Que leurs arêtes soient vives ou émoussées, ces grains fournissent tous des résultats très comparables, à peu près identiques à ceux obtenus avec des grains presque sphériques à surface rugueuse, tels que du plomb de chasse qui commence à s'altérer. Il suffit de grouper dans une première catégorie les grains plus ou moins arrondis, à arêtes mousses ou vives.

Lorsque les dimensions du grain sont très différentes selon les directions, ce qui se produit pour les fragments de coquilles, pour certains grains concassés de calcite, pour des cristaux allongés de tourmaline et de zircon, une seconde catégorie de grains doit être distinguée. Comme la forme générale varie entre des limites assez étendues, les résultats sont, eux aussi, quelque peu variables, au lieu d'être constants ainsi que dans le cas précédent.

Une troisième catégorie comprend les sphères parfaitement polies. Elles s'obtiennent facilement en plaçant un ou plusieurs fragments d'un corps fusible à basse température, tel qu'une colophane (1), dans une solution de même densité. Quand la solution est bouillante, on ajoute goutte à goutte un peu d'eau pour compenser l'évaporation, jusqu'à ce que la flottaison soit parfaite. Chaque fragment de colophane fondue devient une sphère qui se solidifie par refroidissement. Des sphères très petites se préparent en jetant une poussière de colophane dans la solution chaude. Nous avons employé également du plomb de chasse bien sphérique, poli à l'émeri 00, à la potée d'étain et à la peau de chamois.

Les lames plan-parallèles constituent une quatrième et dernière catégorie. Nous nous sommes servis de lames de muscovite clivées. Ce sont elles, du reste, qui se trouvent le plus communément dans la nature.

Afin d'avoir des éléments de grosseur uniforme, les grains sont séparés suivant leurs dimensions décroissantes par une série de tamisages ; des secousses imprimées au tamis, ainsi que le balayage du fond au moyen d'un pinceau-brosse, facilitent le passage à travers les mailles. Chaque portion isolée de la sorte est de nouveau versée dans le dernier tamis franchi par elle, et une seconde opération est effectuée sans beaucoup agiter le tamis et sans se servir du pinceau-brosse. Les grains demeurés finalement dans le tamis, obtenus par un triage répété, possèdent une grosseur uniforme. Ils sont examinés au microscope et l'on écarte les grains trop gros ou trop petits, s'il s'en présente.

Des lamelles d'épaisseur uniforme s'obtiennent en découpant en menus fragments une même lame de grande superficie.

Le diamètre moyen des grains plus ou moins sphériques a été mesuré au microscope, à l'aide d'un micromètre oculaire, l'objectif employé dépendant des dimensions à mesurer. Les grains d'un poids suffisant ont été pesés au dixième de milligramme, et leur diamètre a été calculé en fonction de leur densité. Nous avons fait également usage d'un compas d'épaisseur dont le vernier donne le dixième de millimètre.

(1) La colophane pure n'est complètement liquéfiée qu'au voisinage de 135°. Celle que nous avons employée devait contenir encore quelques traces de térébenthine ; elle paraissait nettement fondue un peu au-dessus de 100°.

Lorsque le poids et la surface étaient facilement mesurables, comme pour les lames de plomb et les larges feuilles de muscovite (1) découpées ensuite en plus petits fragments, l'épaisseur a été déduite de ces deux mesures, connaissant la densité. L'épaisseur de lames transparentes de calcite a été observée sous le microscope, par double mise au point au moyen de la vis micrométrique, selon le procédé connu.

La densité de chaque sorte de grains a été déterminée, soit directement (masse de résine, cristaux de pyrite ou de calcite, gravier quartzeux) par la méthode du flacon, soit indirectement en réalisant la flottaison dans un liquide dont la densité est ensuite mesurée. On constate que le gravier quartzeux possède une densité de 2,646 au lieu de 2,652 pour le sable quartzeux, et que les sphérules de résine ont conservé, à une unité près de la troisième décimale, la densité du fragment dont elles proviennent.

Les expériences sont de deux sortes. On peut : *a)* soit mesurer la vitesse limite de chute dans l'eau, égale à celle du courant vertical maintenant les grains en suspension ; *b)* soit réaliser effectivement la suspension ou l'entraînement des grains dans un courant plus ou moins incliné sur la verticale.

a) Le premier procédé convient aux faibles vitesses.

Des grains, de forme, de dimensions et de densité connues, tombent à travers un tube de verre plein d'eau, de 147 centimètres de longueur et de 2,2 centimètres de diamètre (2). Deux repères, tracés sur le tube à un intervalle de 100 centimètres et situés, l'un 2 centimètres au dessus de l'extrémité inférieure, l'autre 45 centimètres au-dessous de l'extrémité supérieure, sont utilisés pour le pointage effectué au cinquième de seconde ; après avoir parcouru les 45 premiers centimètres jusqu'au repère supérieur, les grains fins ont acquis leur vitesse limite (3). La température centigrade de l'eau est notée au quart de degré ; si elle ne diffère pas trop de celle de l'air ambiant, il ne se produit pas de courants de convection.

Lorsque les dimensions sont suffisantes pour qu'un grain isolé reste aisément perceptible à l'œil, on n'étudie jamais la chute que d'un grain à la fois.

Lorsque les dimensions sont très faibles, on choisit cinq à dix grains de grosseur uniforme et on note le passage du milieu du groupe formé par ces grains ; la distance verticale entre le premier et le dernier est rarement supérieure à 1 centimètre.

Il est bon de placer derrière le tube une feuille de papier noir mat et de disposer un puissant éclairage latéral, afin de discerner les grains transparents les plus ténus comme des points brillants sur fond obscur. Si les grains étaient eux-mêmes sombres,

(1) La biréfringence des lames de clivage de muscovite ($n_g - n_m = 0,003$) est trop faible pour que la teinte de polarisation entre les nicols croisés donne l'épaisseur avec une précision suffisante. L'épaisseur a été déduite de la mesure de la surface en millimètres carrés, et du poids en dixièmes de milligramme.

(2) Pour quelques grains volumineux, on a utilisé un tube plus court de 3,5 centimètres de diamètre. Lorsque le diamètre du tube est trop faible, les vitesses de chute sont diminuées, ainsi que les vitesses des courants qui maintiennent les grains en suspension.

(3) Voy. ALLEN, Fluid Resistance in Accelerated Motion (*Philosophical Magazine*, pp. 525-527, (2), 1900).

comme les grains de pyrite, on placerait derrière le tube une feuille de papier blanc.

Quelle que soit la forme des grains, il faut éviter qu'ils n'entraînent avec eux des bulles d'air. Si leur point de fusion le permet, ils sont maintenus quelques minutes dans l'eau bouillante, de façon à chasser entièrement la pellicule d'air adhérente à leur surface; sinon, ils sont plongés pendant plusieurs heures dans de l'eau récemment bouillie.

La chute des lames les plus grandes a été observée, non pas dans le tube de 2,2 centimètres de diamètre, trop étroit, mais dans une éprouvette de 40 centimètres de profondeur et de 8,7 centimètres de diamètre. Les lames, au préalable mouillées, tombent de quelques millimètres à travers l'air, avant de parvenir à la surface de l'eau, ce qui leur permet d'acquérir presque immédiatement leur vitesse limite. Quelle que soit leur surface, elles demeurent horizontales pendant leur chute. Si parfois elles oscillent légèrement, la vitesse de chute se trouve augmentée.

Les vitesses de chute des grains ténus ont été notées, non seulement dans l'eau douce, mais aussi dans une eau de mer et dans deux solutions de chlorure de sodium artificiellement préparées, dont les densités à la température de l'expérience ont été déterminées au pycnomètre.

Pour étudier l'influence des matières en suspension, on fait tomber à la fois un grand nombre de grains de mêmes dimensions; ou bien, on mesure la vitesse de chute d'un grain plus volumineux au milieu d'un nuage de grains plus fins. La précision est faible, car la proportion de sable en suspension n'est pas connue avec exactitude et varie même de moment en moment et d'un point à un autre.

Les résultats deviennent meilleurs lorsqu'il s'agit d'argile, qui demeure presque indéfiniment en suspension dans l'eau. Nous avons utilisé le procédé suivant dans le but de pouvoir observer la chute de grains fins malgré l'opacité des eaux boueuses.

Une extrémité d'un tube cylindrique de verre de 3,80 centimètres carrés de section est fermée et effilée, de manière à ne plus présenter, sur les deux derniers centimètres de sa longueur, qu'une section de 0,08 centimètres carré environ. Le tube est rempli d'eau à une température donnée. On y verse quelques milligrammes de grains sableux, de dimensions uniformes et connues. L'orifice libre du tube est fermé en évitant la formation de bulles d'air. Le tube est placé une ou plusieurs minutes verticalement, le bouchon en bas. On le retourne brusquement de 180° et on note au cinquième de seconde le temps nécessaire aux grains pour descendre jusqu'à la partie la plus étroite du tube, en accomplissant un trajet de 100 centimètres. Pour les grains les plus volumineux et les plus denses, la vitesse moyenne est inférieure à la vitesse limite, et une correction doit être apportée au résultat brut de l'expérience.

L'opération précédente est répétée, à la même température, avec des eaux (1) chargées

(1) Il faut employer de l'eau distillée; les eaux ordinaires, calcaires, maintiennent mal l'argile en suspension. Il ne faut pas ajouter d'ammoniaque pour faciliter la suspension de l'argile; les résultats seraient en partie faussés. L'argile plastique, qui a été très finement broyée, puis tamisée, et qui est restée plusieurs jours en contact avec l'eau pure, demeure très facilement en suspension.

d'argile plastique à modeler ; la densité de l'eau argileuse à la température des expériences est déterminée au pycnomètre. Quand on vide le tube pour remplacer l'eau pure par une eau boueuse, on doit conserver dans la partie inférieure rétrécie l'eau pure qui y demeure par capillarité. De cette façon, on voit apparaître les grains fins après qu'ils ont traversé une couche de 100 centimètres d'eau trouble.

Des expériences analogues, mais moins exactes, ont été effectuées sur des grains plus volumineux. Un grain, de forme, dimensions et densité connues, est introduit dans le tube rempli d'eau pure ou d'eau argileuse. On bouche avec la paume de la main, on retourne brusquement de 180° et on note le temps écoulé entre l'instant du retournement et l'instant où se fait sentir un choc contre la main.

b) Les diverses méthodes précédentes ne conviennent généralement plus aux vitesses dépassant une quinzaine de centimètres par seconde et ne permettent pas de constater l'effet d'un courant incliné.

Une grande partie de nos expériences correspond à la mise en suspension ou à l'enlèvement de corpuscules solides dans des courants plus ou moins inclinés parcourant un tube de verre de 50 centimètres de longueur et de 3,5 centimètres de diamètre. La vitesse est amoindrie au voisinage des parois, d'après une loi variable suivant que l'écoulement s'effectue sous le régime de Poiseuille ou sous le régime hydraulique. Plusieurs grains peuvent cependant se trouver entraînés dans l'axe du tube.

Dans le but d'éviter les remous, on a interposé sur le passage du courant un verre assez grand, bien fermé par un bouchon donnant passage à deux tubes : 1° tube d'entrée du courant, relié à un tuyau de caoutchouc fixé à un robinet, et 2° tube de sortie, plus large et plus long (3,5 centimètres de diamètre sur 50 centimètres de longueur), solidement maintenu par un support à l'inclinaison voulue. L'angle $180^\circ - \gamma$ de la direction de la pesanteur avec une génératrice du tube a été chaque fois déterminé au moyen d'un rapporteur à grand diamètre. Un léger rebord, sur la moitié du pourtour de l'orifice supérieur, arrête les grains roulés le long de la paroi. Les grains ou les lamelles, au préalable mouillés dans l'eau bouillie, sont versés par un entonnoir placé au-dessus de l'orifice supérieur du tube de sortie du courant. En essayant successivement des grains de dimensions croissantes, un moment arrive où la plupart glissent jusque vers la partie inférieure du tube où ils demeurent en suspension, pour descendre ensuite jusqu'au fond ou pour être chassés par le courant. Les grains enlevés, en même temps que l'eau écoulée, sont rapidement recueillis dans un très large cristalliseur pendant un nombre déterminé de cinquièmes de seconde. Un cône de paraffine, placé au point où le tube traverse le bouchon de liège, évite les éclaboussures (1). L'eau est pesée. Le débit par seconde, divisé par la section, donne la vitesse.

Un petit nombre de grains seulement doivent être soulevés à la fois. Un courant juste

(1) Dans certains cas, nous avons pu utiliser un autre procédé : l'eau et les grains entraînés passent de la partie supérieure du tube servant aux expériences dans un tuyau de caoutchouc de plus petit diamètre ; ce tuyau de caoutchouc conduit l'eau et les grains dans un large cristalliseur servant à jauger le débit.

suffisant pour maintenir en suspension une masse de sable sera parfois incapable de soutenir quelques grains isolés de ce sable.

Le diamètre moyen des grains entraînés, toujours remarquablement uniforme, est mesuré au microscope.

Mesures.

Quel que soit le dispositif usité, les résultats sont identiques. Les mesures ont été répétées au moins deux fois, avec une concordance très suffisante; les nombres des tableaux suivants sont des moyennes.

Dans le cours de ce travail, les unités C. G. S. seront seules employées.

Expériences 1. — Grains plus ou moins arrondis. Vitesses limites de chute dans l'eau à la température de 10°. Chute chronométrée sur un parcours de 100 centimètres, à travers un tube de 2,2 centimètres de diamètre.

NATURE DU GRAIN	DENSITÉ	DIAMÈTRE MOYEN en centimètres.	VITESSE LIMITE DE CHUTE en centimètres par seconde.
Colophane.....	1,076	0,010	0,05
—	»	0,016	0,10
—	»	0,025	0,21
—	»	0,043	0,58
—	»	0,059	0,87
—	»	0,078	1,26
—	»	0,138	2,17
—	»	0,236	3,30
—	»	0,317	4,38
—	»	0,431	5,60
—	»	0,576	6,80
—	»	0,738	7,60
Quartz.....	2,652	0,004	0,13
—	»	0,008	0,50
—	»	0,012	1,04
—	»	0,016	1,67
—	»	0,018	1,96
—	»	0,021	2,48
—	»	0,024	2,83
—	»	0,028	3,24
—	»	0,030	3,75
—	»	0,034	4,20
—	»	0,038	4,80
—	»	0,040	5,20
—	»	0,047	5,90
—	»	0,057	7,00
—	»	0,071	8,20
—	»	0,086	9,60
—	»	0,102	11,00
—	»	0,119	12,00
Calcite.....	2,720	0,017	2,01
—	»	0,036	4,70
—	»	0,060	7,30
—	»	0,098	11,00

.. Tube de 3,5 centimètres de diamètre.

Expériences 2. — Grains très irréguliers : C, forme générale cubique ou parallélépipédique; T, forme générale tétraédrique; R, forme générale intermédiaire entre un cube et

un tétraèdre. Vitesses limites de chute dans l'eau à la température de 10°. Chute chronométrée sur un parcours de 100 centimètres à travers un tube de 2,2 centimètres de diamètre.

NATURE DU GRAIN	DENSITÉ	DIMENSIONS EXTRÊMES			DIAMÈTRE moyen.	FORME	VITESSE limite de chute.
Colophane.....	1,076	0,095	0,115	0,120	0,110	C	1,6
—.....	»	0,135	0,140	0,145	0,140	—	2,2
—.....	»	0,275	0,280	0,280	0,280	—	3,7
—.....	»	0,650	0,660	0,670	0,660	—	7,2
—.....	»	0,032	0,035	0,045	0,037	R	0,4
—.....	»	0,058	0,068	0,082	0,060	—	1,0
—.....	»	0,087	0,102	0,125	0,105	—	1,6
—.....	»	0,175	0,185	0,210	0,190	—	2,7
—.....	»	0,355	0,365	0,405	0,375	—	4,4
—.....	»	0,780	0,820	0,830	0,810	—	7,1
—.....	»	0,400	0,410	0,470	0,430	T	4,2
—.....	»	0,790	0,840	0,870	0,830	—	6,8
Quartz.....	2,650	0,014	0,018	0,025	0,019	R	2,5
—.....	»	0,017	0,024	0,020	0,023	—	3,0
—.....	»	0,060	0,067	0,068	0,065	—	7,2
—.....	»	0,090	0,105	0,110	0,100	—	9,5
Calcite.....	2,720	0,014	0,016	0,020	0,017	T	2,1
—.....	»	0,090	0,100	0,100	0,100	—	8,3
Tourmaline.....	3,100	0,014	0,016	0,040	0,023	C	3,5
Zircon.....	4,490	0,006	0,007	0,015	0,007	C	1,8
—.....	»	0,011	0,012	0,020	0,010	—	4,2
—.....	»	0,023	0,025	0,080	0,043	—	7,0
Pyrite.....	5,040	0,008	0,009	0,009	0,009	R	1,6
—.....	»	0,010	0,021	0,021	0,020	—	4,9
—.....	»	0,033	0,034	0,035	0,034	—	8,7
—.....	»	0,036	0,038	0,045	0,040	—	10,0
—.....	»	0,045	0,052	0,055	0,050	—	12,0
—.....	»	0,055	0,065	0,065	0,060	—	14,0

Expériences 3. — Grains parfaitement sphériques. Vitesses limites de chute dans l'eau à la température de 10°. Chute chronométrée sur un parcours de 100 centimètres, à travers un tube de 2,2 centimètres de diamètre.

NATURE DES GRAINS	DENSITÉ	DIAMÈTRE	VITESSE LIMITE
Colophane.....	1,076	0,014	0,08
—.....	»	0,019	0,23
—.....	»	0,031	0,38
—.....	»	0,057	0,97
—.....	»	0,110	2,20
—.....	»	0,160	3,40
—.....	»	0,220	4,70
—.....	»	0,271	5,60
—.....	»	0,330	6,60
—.....	»	0,435	8,30
—.....	»	0,590	9,80
—.....	»	0,720	11,40

Expériences 4. — Lames plan-parallèles à surface polie. Vitesses limites de chute dans l'eau à la température de 10°. Chute chronométrée dans une éprouvette de 40 centimètres de profondeur et de 10 centimètres de diamètre.

NATURE DE LA LAME	DENSITÉ	FORME ET DIMENSIONS DE LA SURFACE	ÉPAISSEUR	VITESSE LIMITE
Verre.....	2,30	Carré de 1 centimètre de côté.	0,0050	3,8
—	»	Rectangle de 2,2 X 3,0 centimètres.	0,0080	5,0
—	»	Rectangle de 2,0 X 3,0 centimètres.	0,0140	7,0
Muscovite.....	2,84	Carré de 0,1 centimètre de côté.	0,0005	0,5
—	»	Rectangle de 0,1 X 0,3 centimètre.	»	0,6
—	»	Carré de 0,2 centimètre de côté.	»	0,8
—	»	Cercle de 2,0 centimètres de diamètre.	»	0,8
—	»	Carré de 0,1 centimètre de côté.	0,0011	0,9
—	»	Carré de 1 centimètre de côté.	»	1,3
—	»	Carré de 0,1 centimètre de côté.	0,0016	1,3
—	»	Triangle de 0,3 centimètre de côté.	»	1,4
—	»	Carré de 1 centimètre de côté.	»	1,9
—	»	Rectangle de 0,1 X 3,0 centimètres.	»	2,0
—	»	Carré de 0,1 centimètre de côté.	0,0050	2,5
—	»	Carré de 2 centimètres de côté.	»	3,5
—	»	Carré de 2 centimètres de côté.	0,0090	4,8
—	»	Carré de 2 centimètres de côté.	0,0160	6,2
—	»	Carré de 2 centimètres de côté.	0,0240	8,0
—	»	Carré de 2 centimètres de côté.	0,0290	9,0

Expériences 5. — Vitesses limites de chute de grains arrondis de colophane dans l'eau pure à diverses températures. Chute chronométrée sur un parcours de 100 centimètres à travers un tube de 2,2 centimètres de diamètre, ou sur un parcours de 70 centimètres à travers un tube de 3,5 centimètres de diamètre.

DIAMÈTRE DES GRAINS	VITESSE LIMITE DE CHUTE AUX TEMPÉRATURES DE			
	0°.	10°.	20°.	35°.
0,016	0,06	0,09	0,12	0,20
0,025	0,17	0,21	0,31	0,44
0,031	0,26	0,35	0,46	0,62
0,043	0,42	0,58	0,72	0,94
0,138	2,00	2,17	2,40	2,60
0,738	7,55	7,60	7,70	7,90
0,945	9,00	9,00	9,00	9,00

Expériences 6. — Vitesses limites de chute de grains arrondis de colophane dans diverses eaux à la température constante de 10° : A, eau pure ; B, eau de mer de la Manche ($S \frac{0}{4} = 1,028$ et $S \frac{10}{4} = 1,027$) ; C, solution de chlorure de sodium ($S \frac{10}{4} = 1,033$) ; D, solution de chlorure de sodium ($S \frac{10}{4} = 1,010$). Chute chronométrée sur un parcours de 100 centimètres à travers un tube de 2,2 centimètres de diamètre.

DIAMÈTRE DES GRAINS	VITESSE LIMITE DE CHUTE			
	A	B.	C.	D.
0,008	0,50	0,47	0,48	0,50
0,012	1,04	1,00	1,01	1,03
0,018	1,96	1,89	1,89	1,95
0,086	9,62	9,51	9,48	9,59

Expériences 7. — Chute simultanée de nombreux grains de colophane ou de quartz extrêmement ténus et de dimensions tout à fait uniformes. Les premiers grains parviennent au fond en un temps moindre que celui nécessaire à des grains isolés de même diamètre; les derniers parviennent au fond en un temps plus long, parfois double.

Chute de grains volumineux de colophane au milieu d'une poussière de colophane ou de quartz porphyrisé. Le ralentissement de la vitesse de chute devient de plus en plus marqué lorsque la proportion de matières fines en suspension augmente; il semble plus important dans le cas d'une poussière quartzeuse et atteint parfois 40 p. 100.

Expériences 8. — Durée en secondes de la chute de grains plus ou moins arrondis, sur un parcours de 100 centimètres dans un tube de 2,2 centimètres de diamètre rempli d'eau pure ou d'eaux argileuses à la température constante de 18°. Les temps de chute sont ramenés à la vitesse limite.

NATURE DES GRAINS	DENSITÉ des grains.	DIAMÈTRE moyen	DURÉE DE LA CHUTE DANS L'EAU ARGILEUSE DE DENSITÉ <i>in situ</i> .				
			0,999 (eau pure).	1,033.	1,064.	1,100.	1,150.
Plomb.....	11,30	0,170	2,4	2,4	2,6	2,5	3,2
—.....	»	0,023	10,2	10,0	13,0	16,2	23,7
Mastic Stahl.....	1,80	0,033	18,3	18,6	20,0	23,6	31,0
—.....	»	0,020	21,0	22,4	24,9	28,5	37,8
—.....	»	0,023	24,8	25,0	28,4	34,7	49,0
Quartz.....	2,65	0,360	3,8	3,8	4,0	4,4	6,2
—.....	»	0,180	6,0	6,0	6,0	7,6	11,2
—.....	»	0,068	11,2	11,6	13,0	15,4	21,2
—.....	»	0,043	16,8	7,3	19,3	22,3	31,8
—.....	»	0,035	20,0	21,0	24,0	29,6	50,0
—.....	»	0,029	23,0	24,2	28,2	37,1	69,0
—.....	»	0,027	25,0	27,3	32,2	50,0	89,0
—.....	»	0,018	42,0	46,4	60,0	90,0	160,0
—.....	»	0,017	43,0	50,0	67,0	101,0	178,0
—.....	»	0,013	64,0	76,0	102,0	154,0	266,0
—.....	»	0,011	100,0	119,0	160,0	225,0	420,0
—.....	»	0,008	180,0	208,0	265,0	382,0	—
—.....	»	0,006	275,0	314,0	394,0	530,0	—
—.....	»	0,005	390,0	440,0	—	—	—

Expériences 9. — Flocculation de l'argile. Au moment où l'argile en suspension dans l'eau est précipitée par l'addition de quelques centimètres cubes d'une solution de bicarbonate de chaux, d'un centimètre cube d'eau de mer ou d'une goutte d'une solution d'alun, la vitesse de chute des grains fins est notablement augmentée jusqu'à devenir facilement le double ou le triple de ce qu'elle serait dans l'eau pure; quand la flocculation est terminée, on trouve sur le fond de petits paquets de 10 à 50 grains agglutinés par l'argile.

Expériences 10. — Grains arrondis. Valeur du diamètre des grains maintenus en suspension ou valeur maximum du diamètre des grains enlevés par un courant d'eau incliné d'un angle 180°- γ sur la direction de la pesanteur. Diamètre du tube servant aux expériences, 3,5 centimètres. Température de l'eau, 11° environ.

NATURE DES GRAINS	DENSITÉ	VITESSE du courant.	DIAMÈTRE DES GRAINS POUR UNE INCLINAISON γ ÉGALE A				
			0°.	30°.	45°.	60°.	75°.
Colophane.....	1,076	1,2	0,080	0,070	0,060	0,045	0,025
—.....	»	3,3	0,240	0,190	0,160	0,110	0,055
—.....	»	6,8	0,576	0,500	0,480	0,240	0,110
Quartz.....	2,650	3,8	0,030	0,028	0,023	0,018	0,012
—.....	»	7,0	0,057	0,049	0,039	0,029	0,018
—.....	»	11,0	0,102	0,086	0,066	0,043	0,024
—.....	»	14,1	0,138	—	—	—	—
—.....	»	18,3	0,198	0,165	0,125	0,080	0,037
—.....	»	22,3	0,275	—	—	—	—
—.....	2,646	24,6	0,327	0,250	0,180	0,120	0,050
—.....	»	27,4	0,406	—	—	—	—
—.....	»	28,6	0,464	—	—	—	—
—.....	»	31,8	0,533	—	—	—	—
—.....	»	33,1	0,601	—	—	—	—
—.....	»	35,5	0,665	0,500	0,340	0,190	0,080
Plomb.....	11,300	21,6	0,054	—	—	—	—
—.....	»	34,4	0,117	0,090	0,065	0,040	—
—.....	»	46,3	0,190	—	—	—	—
—.....	»	55,0	0,260	0,205	0,140	0,080	0,031
—.....	»	64,0	0,340	0,260	0,180	0,100	0,036

Expériences 11. — Sphères parfaites polies. Expériences analogues aux expériences 10.

NATURE DES GRAINS	DENSITÉ	VITESSE du courant.	DIAMÈTRE DES SPHÈRES POUR UNE INCLINAISON γ ÉGALE A				
			0°.	30°.	45°.	60°.	75°.
Colophane.....	1,076	1,1	0,055	0,050	0,043	0,035	0,020
—.....	»	2,2	0,110	0,100	0,080	0,060	0,040
—.....	»	5,6	0,271	0,230	0,190	0,135	0,075
—.....	»	11,5	0,720	0,590	0,420	0,270	0,140
Plomb.....	11,30	52,4	0,134	—	—	—	—
—.....	»	64,0	0,175	0,140	0,105	—	—

Expériences 12. — Lames plan-parallèles. Épaisseur des lames maintenues en suspension par un courant d'eau incliné d'un angle $180^\circ - \gamma$ sur la direction de la pesanteur. Section des lames, 5 à 30 millimètres carrés. Diamètre du tube servant aux expériences, 3,5 centimètres. Température de l'eau, $10^{\circ}5$ environ.

NATURE DES LAMES	DENSITÉ	VITESSE du courant.	ÉPAISSEUR DES LAMES POUR UNE INCLINAISON γ ÉGALE A				
			0°.	30°.	45°.	60°.	75°.
Muscovite.....	2,84	5,6	0,012	0,010	0,006	—	—
—.....	»	10,0	0,036	0,029	0,020	0,009	—
—.....	»	18,0	0,115	0,090	0,060	0,029	0,007
—.....	»	24,5	0,225	0,170	0,115	0,060	0,016
Plomb.....	11,30	40,0	0,110	—	—	—	—
—.....	»	64,0	0,280	—	—	—	—

Discussion des résultats.

I. *Influence de la vitesse.* — Les résultats des tableaux 1 et 10 se rapportant à des courants verticaux qui maintiennent en suspension des grains plus ou moins arrondis de colophane, de quartz ou de plomb, peuvent être mis sous forme de graphiques (planche I).

La courbe du quartz est particulièrement détaillée. A partir de l'origine, elle débute par une parabole dont l'axe est celui des vitesses; *le diamètre est proportionnel à la racine carrée des très faibles vitesses.*

Bientôt la courbe présente un point d'inflexion et devient voisine d'une droite qui coupe l'axe des diamètres à peu de distance de l'origine.

Enfin, par transitions insensibles, elle se rapproche d'une nouvelle parabole dont l'axe est celui des diamètres; *le diamètre est proportionnel au carré des fortes vitesses.*

L'inflexion du début n'est pas nettement visible sur les graphiques publiés par M. Thoulet. Les résultats du D^r Owens eussent dû conduire celui-ci à tracer une courbe infléchie; il la prolonge au contraire directement jusqu'à l'axe des diamètres et en conclut que les grains tenus demeureraient indéfiniment en suspension. La conclusion semble erronée. Comme on le verra plus loin, elle devient applicable seulement aux grains ultra-microscopiques.

II. *Influence de l'inclinaison.* — A vitesses égales, lorsque l'inclinaison augmente, la diminution du diamètre devient de plus en plus rapide; les expériences 10 permettent d'étudier cette variation. Le graphique de la planche I donne la vitesse V du courant vertical maintenant en suspension un grain de quartz, de résine ou de plomb, enlevé par un courant de vitesse v et d'inclinaison γ ; or on a toujours sensiblement, quelle que soit la forme des grains : $V = v \cos \gamma$.

L'effet utile du courant est celui de sa projection sur la verticale.

Aux faibles vitesses, les diamètres sont proportionnels à la racine carrée des cosinus de l'inclinaison (environ 1 : 0,9 : 0,8 : 0,7 : 0,5 pour 0°, 30°, 45°, 60°, 85°, comme on peut s'en rendre compte sur le tableau 10).

Aux fortes vitesses, les diamètres sont proportionnels au carré des cosinus de l'inclinaison (1 : 0,75 : 0,50 : 0,25 : 0,06 environ).

III. *Influence de la densité.* — Les graphiques de la planche I, ainsi que les tableaux 1 et 10, permettent d'étudier l'influence de la densité.

Pour les grains de faibles dimensions et les vitesses peu considérables, *les diamètres sont inversement proportionnels à la racine carrée des densités relatives* (densités absolues diminuées de la densité de l'eau).

Lorsqu'il s'agit de grains volumineux et de vitesses notables, *les diamètres varient en raison inverse des densités relatives.*

IV. *Influence de la forme des grains.* — Nous avons distingué quatre formes principales :

1° Grains plus ou moins arrondis (tableaux 1 et 10);

2° Grains très irréguliers (tableau 2);

3° Sphères parfaites polies (tableaux 3 et 11);

4° Plans minces (tableaux 4 et 12).

1° Dans le cas de grains plus ou moins arrondis, à arêtes mousses ou vives, tels que la plupart des sables et des graviers naturels, le diamètre d d'un grain de densité ρ , maintenu en suspension dans un courant d'eau de densité σ animé d'une vitesse v suivant une direction inclinée d'un angle $100^\circ - \gamma$ sur celle de la pesanteur, sera, aux faibles vitesses :

$$d = 0,015 \sqrt{\frac{v \cos \gamma}{\rho - \sigma}} \quad \text{C. G. S. à } 10^\circ.$$

et, aux fortes vitesses :

$$d = 0,0008 \frac{v^2 \cos^2 \gamma}{\rho - \sigma} \quad \text{C. G. S.}$$

2° Le diamètre moyen des grains très irréguliers est ordinairement supérieur (1) (de 50 p. 100 parfois) à celui des grains arrondis maintenus en suspension dans des conditions identiques. Plus les dimensions des grains diffèrent suivant les directions, plus le diamètre moyen est relativement élevé. L'expression du diamètre en fonction des autres facteurs demeure, comme précédemment, tout autre aux faibles et aux fortes vitesses.

3° Les mesures relatives aux grains parfaitement sphériques et polis conduisent à adopter, aux faibles vitesses, la formule :

$$d = 0,017 \sqrt{\frac{v \cos \gamma}{\rho - \sigma}} \quad \text{C. G. S. à } 10^\circ.$$

et, aux fortes vitesses :

$$d = 0,00032 \frac{v^2 \cos^2 \gamma}{\rho - \sigma} \quad \text{C. G. S.}$$

4° L'expression de l'épaisseur de lames plan-parallèles semble demeurer, aux faibles comme aux fortes vitesses, fonction surtout du carré de la vitesse :

$$h = 0,0007 \frac{v \cos^2 \gamma}{\rho - \sigma} \quad \text{C. G. S.}$$

Aux vitesses très réduites, les épaisseurs mesurées présentent cependant toujours un léger excès par rapport à celles que la formule précédente permettrait de calculer, et cet excès est d'autant plus élevé que la superficie des lames est plus faible.

V. *Influence de la nature du grain.* — Elle paraît être *nulle* ; seules, la densité relative et la forme importent. Les résultats fournis par la calcite (tableau 1), dont la densité dépasse à peine celle du quartz, se placeraient sensiblement sur la courbe du quartz dans le graphique de la planche I.

(1) Une exception doit être faite pour les grains tenus dont les diverses dimensions ne diffèrent pas beaucoup les unes des autres ; le diamètre des grains irréguliers est alors inférieur à celui des grains arrondis.

VI. *Influence de la température de l'eau.* — L'influence de la température est négligeable aux vitesses considérables (expériences 5, vitesse de 9 cm. sec.).

Aux faibles vitesses, l'augmentation de la température accélère la chute. La relation entre la vitesse à 0° et la vitesse à t° est complexe et peut être mise sous la forme approchée, convenant aux vitesses très réduites (expériences 5, vitesses inférieures à 1 cm. sec.).

$$v_t = v_0 (1 + 0,0340 t + 0,0002 t^2).$$

VII. *Influence des matières en dissolution.* — Aux fortes vitesses, l'influence des matières en dissolution consiste seulement en une augmentation de la densité du liquide. La différence de densité relative dans l'eau douce et dans les eaux de mer est comprise entre 0,5 p. 100 et 2,5 p. 100 pour la plupart des minéraux.

Aux vitesses réduites (tableau 6, à l'exception de la dernière ligne), la rapidité de chute des grains de quartz est de 4 p. 100 à 6 p. 100 inférieure dans une eau de mer à ce qu'elle est dans l'eau douce, avec une différence moyenne de 4,5 p. 100, alors que la différence de densité relative atteint 1,6 p. 100 et que la vitesse est en raison directe de la densité relative. Les températures ont été maintenues exactement égales. L'eau de mer employée s'est donc montrée légèrement plus visqueuse que l'eau douce (4,5 — 1,6 = 2,9 p. 100).

Dans deux solutions de chlorure de sodium préparées artificiellement, de densités 1,033 et 1,010 à 10°, les vitesses de chute, à la température constante de 10°, étaient inférieures de 3,3 et de 0,5 à leur valeur dans l'eau douce. Il y avait donc, dans le premier cas, légère augmentation de la viscosité (3,3 — 2,0 = 1,3 p. 100) et peut-être diminution dans le second (0,5 — 0,6 = 0,1 p. 100). La précision des mesures ne permet pas d'affirmer cette dernière diminution, qui doit cependant théoriquement se produire dans les solutions étendues.

Le léger accroissement de viscosité de notre eau de mer, recueillie sur la côte et un peu trouble, semble par conséquent causé, non pas uniquement par la présence de sels dissous, mais en grande partie par l'existence de matières organiques et de poussières en suspension.

Pratiquement, chaque fois qu'une haute précision n'est pas nécessaire, la vitesse de chute peut être regardée comme *identique dans les eaux de mer et dans les eaux douces*.

VIII. — *Influence des matières en suspension.* — Plusieurs cas peuvent se présenter.

Lorsqu'un courant d'eau ascendant est chargé de grains de dimensions absolument identiques, ce qui ne se produit jamais en réalité, le diamètre moyen des grains entraînés est légèrement supérieur à ce qu'il serait s'il s'agissait de grains isolés. Les grains situés en avant, frappés par ceux situés en arrière qui leur communiquent leur mouvement, accélèrent leur vitesse; ceux situés en arrière tombent (1).

(1) Les expériences 7 se rapportent à la chute de grains à travers une eau chargée de fines poussières minérales; les résultats peuvent, sans aucune difficulté, être interprétés relativement au maintien en suspension de grains dans un courant ascendant d'eau chargée de matériaux ténus. Nous avons du reste toujours observé qu'un courant ascendant entraînait plus facilement en suspension les grains en masse que les mêmes grains isolés.

Les dimensions des grains sont en réalité toujours diverses. Les grains plus volumineux sont frappés par les grains plus fins et leur empruntent leur mouvement pendant le choc. Les gros grains sont par suite maintenus en suspension ou même entraînés, tandis que, isolés, ils descendraient au fond. Le diamètre des grains pouvant être soulevés par un courant donné est d'autant plus grand que la quantité de poussière ou de sable fin en suspension est plus élevée ; la faible exactitude des expériences ne suffit pas pour établir une relation précise.

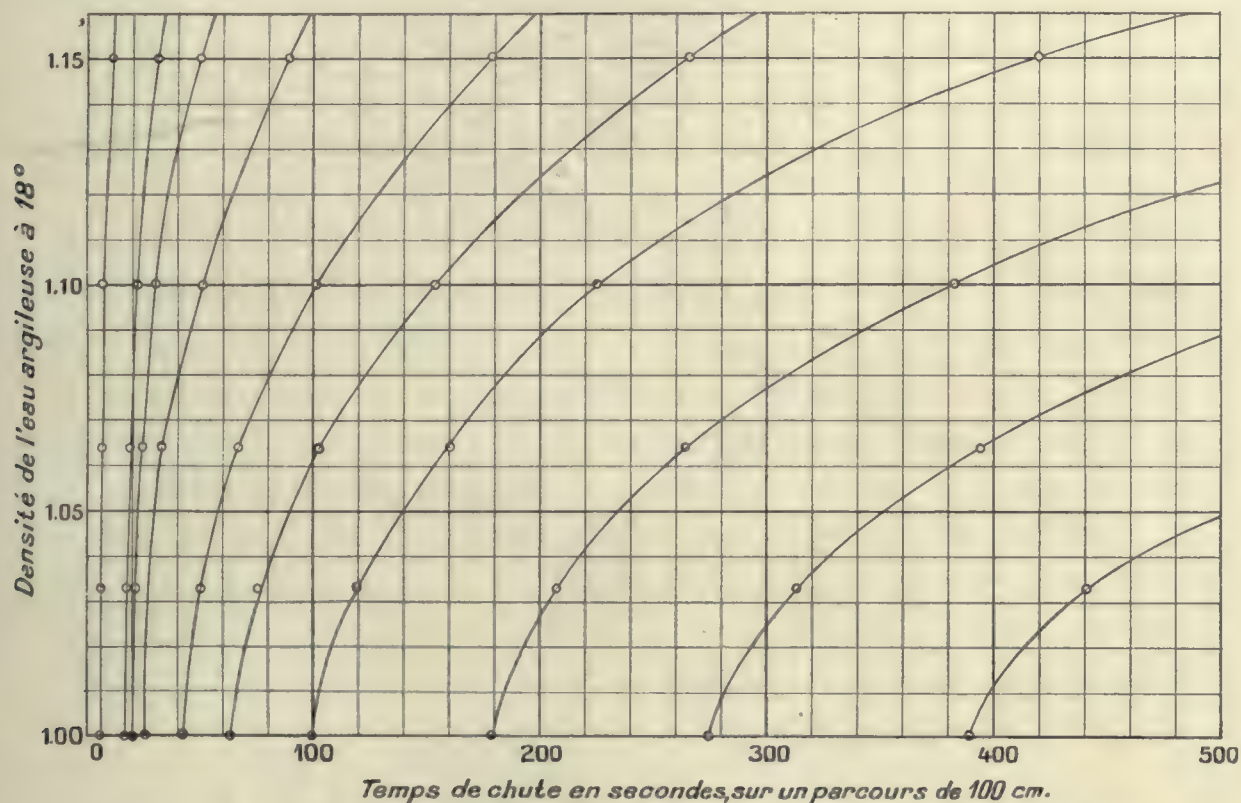


Fig. 1. — Chute des grains quartzeux arrondis, à travers l'eau argileuse, à la température de 18°.

Le cas de grains sableux en suspension dans une eau argileuse est particulièrement intéressant (tableau 8). Les résultats, d'une précision suffisante pour les grains fins, ont été mis sous forme de graphiques (fig. 1 pour les grains très ténus et fig. 2 pour les grains plus volumineux).

Les courbes ont presque la forme de paraboles dont les directrices coïncideraient avec l'axe des densités ou lui seraient parallèles. L'augmentation du temps de chute, pour des grains de même nature et de mêmes dimensions, est, à peu près, mais non exactement, proportionnelle au carré de l'excès de la densité de l'eau argileuse sur celle de l'eau pure.

Le rapport du temps de chute dans une eau argileuse de densité déterminée au temps de chute dans l'eau pure paraît être fonction du diamètre des grains. Il s'accroît, en effet, pour les grains de même densité, lorsque le temps de chute augmente, c'est-à-dire lorsque

le diamètre diminue. Il s'accroît aussi, pour les grains de même temps de chute (fig. 2, plomb, quartz et mastic Stahl), lorsque la densité augmente, c'est-à-dire lorsque le diamètre diminue.

L'augmentation relative du diamètre des grains pouvant être soulevés par un courant d'eau argileuse est à peu près proportionnelle à l'excès n de la densité de l'eau argileuse sur celle de l'eau pure.

Si l'on désigne par d_0 le diamètre de grains en suspension dans un courant donné d'eau

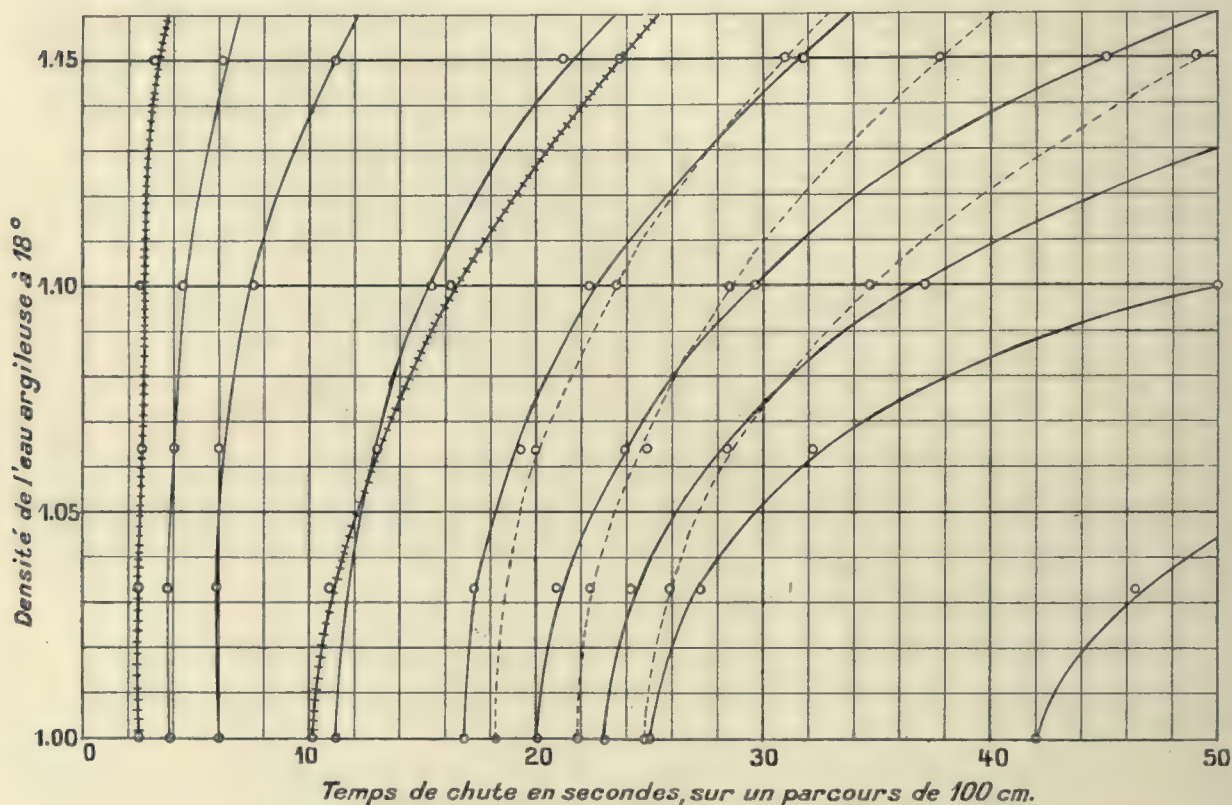


Fig. 2. — Chute des grains arrondis, à travers l'eau argileuse, à la température de 18°.

+++++ Grains de plomb, densité 11,30.
 ——— Grains de quartz, densité 2,65.
 - - - - - Grains de mastic Stahl, densité 1,80.

pure et par d_n le diamètre de grains de même nature en suspension dans un courant identique, mais d'eau argileuse, les résultats expérimentaux s'expriment par la formule approchée :

$$\frac{d_n - d_0}{d_n} = 50 n^2 \quad \text{ou} \quad d_n = d_0 (1 + 50 n^2).$$

L'accroissement du diamètre des grains en suspension, ou la diminution de vitesse de chute dans une eau argileuse, est donc extrêmement considérable et impossible à expliquer par la légère augmentation de densité causée par la suspension de l'argile dans l'eau.

Nous avons supposé jusqu'ici que les grains, quelque nombreux qu'ils fussent, res-

taient distincts les uns des autres. Mais, s'ils sont excessivement fins, et surtout s'ils sont mélangés à de l'argile, ils s'agglutinent en masses non homogènes, formées de minéraux et d'eau interposée; l'accroissement de volume est hors de proportion avec la diminution de la densité relative, si bien que le courant nécessaire pour soulever cet ensemble de grains devient très rapide, ou encore la vitesse de chute devient très élevée.

Il faudra souvent tenir compte de ces phénomènes de *flocculation* (Expériences 9), qui ont une extrême importance dans les cours d'eau naturels aux eaux argileuses, et surtout dans les estuaires, où le « sol » colloïdal floccule pour se précipiter sur le fond en un « gel » argileux. L'accroissement de la teneur en carbonate de chaux dissous favorise aussi la flocculation, à un moindre degré, il est vrai, que le mélange avec les eaux salées.

Formules de calcul.

Le problème du maintien en suspension de corps denses au milieu d'un fluide en mouvement comporte des facteurs assez nombreux, mais souvent déterminables avec précision, et peut par suite se traiter par le calcul.

Nous chercherons l'expression du diamètre moyen d d'un grain de densité ρ maintenu en suspension dans un fluide de densité σ et de viscosité η animé d'une vitesse v dans une direction inclinée de $180^\circ - \gamma$ sur celle de la pesanteur.

On peut établir que le grain considéré, soumis à la pesanteur et à la résistance du fluide, finira par atteindre une vitesse limite uniforme, dans une direction nécessairement horizontale, puisqu'il est supposé demeurer en suspension.

Pour que la vitesse demeure uniforme, il faut et il suffit que les forces agissant sur le corps aient une résultante nulle, en d'autres termes que la pesanteur P et la force de résistance F du fluide soient : *a)* diamétralement opposées ; et *b)* égales en valeur absolue.

a) La force F , qui doit être diamétralement opposée à la pesanteur, doit être verticale et dirigée de bas en haut ; comme la force F est de sens contraire au mouvement du grain, le mouvement relatif du grain par rapport au fluide sera vertical et dirigé de haut en bas.

Mais la résultante du mouvement relatif du grain et de la vitesse du fluide représente le mouvement réel du grain, horizontal par hypothèse. Le mouvement réel du grain sera donc la projection horizontale de v , égale à $v \sin \gamma$, et son mouvement relatif sera la projection verticale $v \cos \gamma$ changée de signe (fig. 3).

b) La densité relative du corps est $(\rho - \sigma)$, son volume $\frac{1}{6}\pi d^3$. La force de la pesanteur est représentée pour lui par $\frac{1}{6}\pi d^3 (\rho - \sigma) g$, en désignant par g l'accélération de la pesanteur.

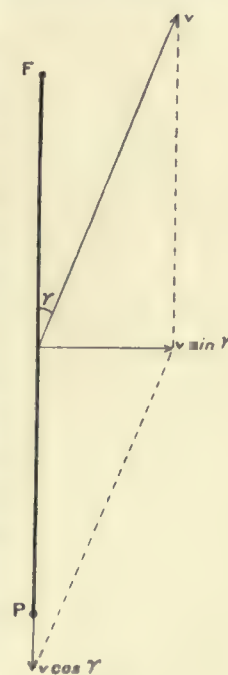


Fig. 3.

Trois causes, d'autre part, interviennent pour résister au mouvement relatif $v \cos \gamma = V$ du grain dans le fluide (1) :

1° L'*adhérence* du fluide et du corps solide, c'est-à-dire le frottement du fluide contre le solide ;

2° La *viscosité*, ou frottement interne du fluide, c'est-à-dire la cohérence des molécules fluides entre elles ;

3° Enfin l'obstacle opposé au mouvement du fluide par le corps qui ne suit pas exactement ce mouvement, le fluide agissant sur l'obstacle par l'effet de son *inertie*.

L'adhérence paraît indépendante de la vitesse et ne devient appréciable qu'aux vitesses extrêmement réduites (2). Ce terme constant est de l'ordre de la quatrième décimale en dynes par centimètre carré, par exemple $1,94 \times 10^{-4}$ pour le plomb dans l'eau. Des sphères de plomb de 3×10^{-7} centimètres de diamètre, ou des grains de quartz d'un ou plusieurs millièmes de centimètre, demeureraient indéfiniment en suspension dans l'eau. Le terme constant dû à l'adhérence est à peu près négligeable, même pour les grains microscopiques les plus fins ; il ne devient sensible et même prépondérant que pour les particules ultra-microscopiques.

Nous pouvons, à la condition d'apporter une restriction dans le cas de grains d'une ténuité extrême, ne tenir compte que de la viscosité et de l'inertie. Supposons la résistance proportionnelle à $d^x \eta^y \sigma^z V^n$; cette expression devra posséder les dimensions d'une force, c'est à dire 1 en masse, 1 en longueur et - 2 en temps ; d'où nous tirons :

$$\begin{aligned} 1 &= y + z \\ 1 &= x - y - 3z + n \\ -2 &= -y - n \end{aligned}$$

si bien que l'on a :

$$\begin{aligned} x &= n \\ y &= 2 - n \\ z &= n - 1 \end{aligned}$$

et que la résistance est proportionnelle à :

$$\left(\frac{V d \sigma}{\eta} \right)^n \frac{\eta^2}{\sigma}$$

Pour les faibles valeurs de la vitesse et du diamètre, n est égal à l'unité, et la résistance, proportionnelle à $V d \eta$, est indépendante de la densité du fluide. Nous aurons, en désignant par k une constante

$$\frac{1}{6} \pi d^3 (\rho - \sigma) g = k V d \eta$$

ou :

$$d^2 = \frac{6k}{\pi} \cdot \frac{V \eta}{g (\rho - \sigma)}$$

(1) Voir : STOKES, *loc. cit.* ; RAYLEIGH, *loc. cit.* ; ALLEN, *loc. cit.* ; M. BRILLOUIN, Leçons sur la viscosité des liquides et des gaz, 2 vol. Paris, 1907 ; POYNTING and THOMSON, Text-Books of Physics, I, Properties of Matter, pp. 221 et 222, London, 1907.

(2) COULOMB, Mémoires relatifs à la Physique, publiés par la Société française de Physique, t. I, p. 86 — Histoire de l'Académie, 1784, pp. 251-255.

D'après les calculs de Stokes, la constante k est égale à 3π dans le cas de sphères parfaites.

Les valeurs du coefficient $\frac{6k}{\pi}$, que nous avons obtenues expérimentalement, sont égales à 16 pour les grains plus ou moins arrondis et à 18 pour les sphères parfaites.

Si la vitesse du courant et les dimensions du grain sont suffisantes, n devient égal à 2 et la résistance, uniquement produite par l'inertie du fluide et indépendante de la viscosité, devient proportionnelle au gradient de l'énergie cinétique $\frac{1}{2} \sigma V^2$. Si l'on désigne par k' une constante, la résistance est égale à $k' d^3 \sigma V^2$. En égalant la résistance et le poids du grain, on obtient la relation :

$$d = \frac{6k'}{\pi} \cdot \frac{\sigma V}{g(\rho - \sigma)}.$$

Nos expériences conduisent à accorder au coefficient $\frac{6k'}{\pi}$ la valeur 0,30 pour les sphères parfaitement polies et environ 0,75 pour les grains plus ou moins arrondis.

Si la vitesse du courant et les dimensions du grain sont telles que la viscosité et l'inertie ne sont ni l'une ni l'autre négligeables, l'expression du diamètre, en désignant par k'' un coefficient variable suivant les cas, devient théoriquement de la forme :

$$d^{3+n} = \frac{6k''}{\pi} \cdot \frac{V^n \sigma^{n-1} \eta^{n-2}}{g(\rho - \sigma)}.$$

Cette formule est pratiquement inapplicable ; le coefficient k'' et l'exposant n varient en effet tous deux à des vitesses croissantes.

La formule proposée par Allen pour les sphères parfaites :

$$V = \frac{1}{4} [g(\rho - \sigma)]^{\frac{2}{3}} \frac{d - \frac{2}{3} D}{(\sigma \eta)^{\frac{1}{3}}}$$

où D désigne le diamètre critique donné par l'expression :

$$D^3 = \frac{36 \eta^2}{g \sigma (\rho - \sigma)},$$

est extrêmement complexe et ne coïncide avec la réalité que pendant le court intervalle où la courbe représentative du diamètre en fonction de la vitesse reste voisine d'une droite.

Nos résultats expérimentaux correspondent très sensiblement à la formule additive suivante, qui se vérifie aussi bien aux faibles ou aux fortes vitesses et que, par conséquent, nous adopterons dans tous les cas comme expression empirique du diamètre :

$$d = \frac{a \sigma V^2 + \sqrt{b \eta g (\rho - \sigma) V}}{g (\rho - \sigma)},$$

ou, en remplaçant V par $\nu \cos \gamma$:

$$d = \frac{a \sigma \nu^2 \cos^2 \gamma + \sqrt{b \eta g (\rho - \sigma) \nu \cos \gamma}}{g (\rho - \sigma)}.$$

a et b sont des coefficients variables suivant la forme des grains : *sphères parfaitement polies*, $a = 0,30$ et $b = 18$; *grains plus ou moins arrondis*, $a = 0,75$ et $b = 16$; *grains très irréguliers*, a compris entre 0,80 et 1,10 ou même supérieur à 1,10 et b compris entre 18 et 13.

En désignant par S la section maximum du grain, égale à $\frac{1}{4} \pi d^2$ pour les grains arrondis, la résistance F du fluide est exprimée par :

$$F = S (m \sigma V^2 + \sqrt{n \eta g (\rho - \sigma) V}) ;$$

les coefficients m et n varient suivant la forme des grains : *sphères parfaitement polies*, $m = 0,20$ et $n = 12$; *grains plus ou moins arrondis*, $m = 0,50$ et $n = 10$; *grains très irréguliers*, m compris entre 0,50 et 0,65 et n compris entre 10 et 6, ou même inférieur à 6.

L'épaisseur h de lames plan-parallèles est donnée par la formule :

$$h = \frac{a' \sigma v^2 \cos^2 \gamma + \sqrt{b' \eta g (\rho - \sigma) v \cos \gamma}}{g (\rho - \sigma)} ,$$

où le coefficient a' est égal à 0,65 et où le coefficient b' , presque négligeable, est d'autant plus faible que la lame possède une plus grande superficie.

La résistance du fluide, en désignant par S la surface de la lame, est exprimée par :

$$F = S (m' \sigma V^2 + \sqrt{n' \eta g (\rho - \sigma) V}) ;$$

les coefficients m' et n' sont respectivement égaux à a' et b' : m' a pour valeur 0,65 et les valeurs de n' décroissent lorsque la superficie du plan mince augmente.

Les deux coefficients m et n , qui interviennent dans l'expression de la résistance, varient en sens contraire, lorsque les grains s'éloignent de plus en plus de la forme sphérique : m prend en effet les valeurs 0,20, 0,50, 0,60, 0,65, tandis que n passe par les valeurs 12, 10, 6 et tend à devenir enfin presque négligeable pour les plans minces de surface considérable.

L'accélération de la pesanteur g , qui figure dans les formules adoptées, est égale à 981 environ à la latitude de Paris et à quelques mètres d'altitude au-dessus du niveau de la mer.

La densité de l'eau pure aux températures ordinaires diffère très peu de l'unité (0,9996 à 10° et 0,9971 à 25°).

La viscosité des liquides décroît lorsque la température s'élève et l'accroissement s'effectue suivant une loi complexe. La formule adoptée par O.-E. Meyer pour représenter la viscosité η de l'eau pure à la température centigrade t est relativement simple :

$$\eta = \frac{0,01775}{(1 + 0,011 t) (1 + 0,022 t)} .$$

A 10°, température de nos expériences, la valeur de η est légèrement supérieure à 0,013.

Les eaux contenant des substances en dissolution possèdent, non seulement une densité σ supérieure à celle de l'eau pure, mais aussi, lorsque la solution est assez concentrée, une viscosité η légèrement supérieure à celle de l'eau pure (supérieure de moins de 3 p. 100 pour une eau de mer ordinaire). Les résultats applicables aux grains minéraux ordinaires sont à peu près identiques pour les eaux de mer et pour les eaux douces.

Un corps flotte dans un mélange d'eau et de fines particules en suspension lorsque sa densité égale celle du mélange; tout se passe comme si la densité du liquide se trouvait être celle du mélange. La très rapide diminution de la vitesse de chute ou la diminution de la vitesse du courant nécessaire à l'entraînement des grains dans une eau chargée de matières en suspension est notablement supérieure au faible effet produit par l'augmentation de densité.

Bien qu'une formule approximative simple ait été obtenue dans le cas des eaux argileuses [$d_n = d_0 (1 + 50 n^2)$, en désignant par d_0 le diamètre des grains en suspension dans l'eau pure et par d_n le diamètre des grains en suspension dans une eau argileuse présentant un excès de densité n par rapport à l'eau pure], le phénomène est très complexe. Il dépend à peine de l'accroissement de densité de l'eau, mais surtout de l'augmentation de viscosité due aux matières colloïdes, ainsi que des chocs contre les granules minéraux de l'argile, chocs pendant lesquels la quantité de mouvement se conserve. Comme nous avons laissé de côté, dans ce travail, les argiles colloïdales et les conditions de leur suspension dans l'eau, la question de la chute de grains fins à travers une eau argileuse ne peut être ici abordée par le calcul.

GRAINS ROULÉS PAR UN COURANT D'EAU

En plus des facteurs dont nous avons eu à tenir compte dans le cas de grains en suspension, trois nouveaux facteurs importants (1) interviennent dans le cas de grains roulés sur le fond :

1° Tout d'abord, les frottements des grains contre le sol, frottements qui dépendent de la rugosité et de la forme du sol aussi bien que des grains ;

2° En second lieu, les grains, s'ils ne sont pas disposés isolément sur un sol uni, ne sont pas entièrement exposés à l'action du courant ; ils sont en partie abrités par les saillies du fond ou par les autres grains présents ;

3° Enfin les coincements interviennent si les inégalités du sol sont considérables eu

(1) Il faudrait aussi tenir compte de l'adhérence des grains contre la paroi. Si l'on place sous l'eau une mince lamelle en contact aussi parfait que possible avec la face inférieure d'une lame de verre, la mince lamelle ne se trouve pas entraînée par son poids ; elle est maintenue par la pression atmosphérique qui s'exerce sur sa face libre, jusqu'à ce que la couche d'eau située entre les deux lames ait acquis une certaine épaisseur après un temps d'autant plus long que la viscosité du liquide est plus forte : à ce moment la lamelle tombe. Des phénomènes analogues doivent se produire dans le cas de grains roulés, mais leur importance paraît faible en comparaison de celle des frottements et des coincements.

égard aux dimensions des grains, ce qui se produit en particulier pour les sables, graviers ou galets entraînés en masse.

Les grains dont la forme est celle d'un solide de révolution se déplacent en tournant autour de leur axe; les frottements, toujours les mêmes contre un sol d'une nature déterminée, pourraient être connus avec exactitude à la suite d'expériences précises; mais les grains ordinaires sont quelque peu irréguliers et les frottements à vaincre varient suivant les points qui portent sur le sol. Le second facteur paraît se prêter difficilement aux mesures; il a parfois une extrême importance, puisque la surface offerte par un grain au courant peut varier jusqu'à devenir nulle si le grain est masqué par des grains volumineux voisins. Quant aux coincements, il semble qu'ils doivent rendre tout mouvement des grains impossible; nous verrons qu'en général un déplacement a pourtant lieu grâce aux tourbillons du courant.

Nous aurons à tenir compte toujours des frottements, souvent des obstacles à l'action du courant sur la totalité des grains, parfois enfin des coincements.

Tandis que les expériences relatives aux grains en suspension sont d'une précision remarquable, celles-ci ne sont pas susceptibles d'une exactitude comparable. L'introduction de nouveaux facteurs, qu'il est impossible de bien connaître, les empêche de fournir autre chose que des approximations assez grossières pour un physicien, très suffisantes le plus souvent pour les applications à la Géologie et à l'Océanographie.

Dispositifs expérimentaux et mesures.

Les expériences ont été effectuées avec un appareil analogue à celui décrit à la page 16; le tube de sortie du courant, d'un diamètre de 3,5 centimètres, était placé horizontalement ou plus ou moins incliné sur le plan horizontal. Ou bien les grains roulaient isolément, tantôt à la surface unie du verre, tantôt à la surface d'un verre dépoli, tantôt à la surface d'une lame de bois rugueuse, tantôt à la surface d'une couche de sable; ou bien les grains roulaient en masse, disposés en une couche épaisse. Si le courant ne parvenait pas à remplir le tube, le niveau atteint était repéré et la correction nécessaire effectuée dans le calcul de la vitesse; il en était de même lorsque la couche de sable occupait une partie notable du tube.

Un petit nombre de mesures ont été effectuées sur la plage de Luc-sur-Mer, en utilisant les filets d'eau qu'il est facile d'obtenir pendant le jusant. Une rigole assez profonde, creusée dans le sable fin, était parcourue par un courant d'eau de mer de vitesse déterminée au moyen de petits flotteurs. En même temps qu'on mesurait la vitesse, on essayait une série de silex arrondis de différentes dimensions et on notait le diamètre moyen du plus gros grain entraîné; les grains roulaient sur une pente très faible, presque négligeable. Ces mesures, moins précises que celles effectuées dans le laboratoire, fournissent pourtant des résultats peu différents en moyenne.

Mesures.

L'entraînement des grains roulés ne s'effectue pas brusquement à une vitesse donnée ; les mouvements qui se produisent tendent, en général, à faire reposer sur le sol les points de frottement maximum et à orienter chaque grain de telle sorte que sa plus grande dimension soit perpendiculaire à la direction du courant, c'est-à-dire que la surface présentée au courant soit une section maximum.

Un cas intéressant est celui d'une couche de gravier ou de sable homogène soumise à l'action du courant. A une augmentation graduelle de la vitesse correspond d'abord le déplacement de quelques grains superficiels qui parcourent quelques fractions de millimètres ou quelques millimètres, jusqu'à ce que, la surface devenue parfaitement plane, tous les grains demeurent au repos.

A une vitesse plus considérable prennent naissance des ripple-marks qui se propagent de proche en proche. Les ripple-marks se forment lentement ; ils n'apparaissent avec netteté qu'un quart d'heure ou une demi-heure après le début du courant. Si la surface est artificiellement sillonnée, l'établissement des ripple-marks se trouve facilité et se produit plus vite. Le parcours des grains est chaque fois d'environ un centimètre. La couche superficielle du sable se meut dans son ensemble avec une extrême lenteur, égale par exemple au millième de la vitesse du courant ou même moindre.

Enfin, à une forte vitesse, les ripple-marks sont rabotés et la surface s'aplanit. Les grains parcourent plusieurs centimètres à chacun de leurs déplacements et la couche superficielle est assez rapidement entraînée.

Les grains plus gros qui roulent sur un sable ridé sont mus avec facilité quand ils sont placés au sommet de ripple-marks ; mais ils s'arrêtent dans le creux des sillons. Le mouvement de ces grains plus gros ne devient continu que dans deux cas, aux faibles vitesses, lorsqu'il n'a pas encore de ripple-marks, ou aux vitesses considérables, lorsqu'il n'y en a plus.

La formation des ripple-marks est due probablement aux mouvements tourbillonnaires qui marquent le passage du régime régulier de Poiseuille au régime ondulatoire dit hydraulique. Une période mixte, pendant laquelle les deux régimes coexistent et alternent très rapidement, a lieu lorsque l'expression $\frac{\sigma c \nu}{\eta}$ se trouve comprise entre deux valeurs déterminées k et k' (1). Dans cette expression, σ est la densité du fluide, η sa viscosité, c la plus petite dimension transversale au courant de paroi à paroi, ν la vitesse moyenne dans la section correspondante. Pour le cas de tubes de verre, rigides et parfaitement lisses, k et k' sont respectivement égaux à 2000 et à 2500 (C. G. S.). Dans nos expériences, k et k' ont sans doute des valeurs plus considérables et surtout plus éloignées l'une de l'autre, parce qu'une partie de la paroi (la couche de sable au fond du tube) devient plus rugueuse et moins rigide que le verre ; il ne faut pas oublier non plus que c est inférieur au diamètre du tube.

(1) OSBORNE REYNOLDS, *loc. cit.*

Le domaine du régime mixte est d'autant plus étendu, ou, en d'autres termes, la différence $k'-k$ est d'autant plus importante, que la paroi est plus rugueuse et moins rigide. Dans les larges canaux naturels à parois rugueuses tapissées d'herbes et d'algues flexibles, le régime hydraulique proprement dit s'établit à une vitesse extrêmement supérieure à celle nécessitée par la loi d'Osborne Reynolds. Un régime irrégulier, qui paraît être le régime mixte, persiste à de très fortes vitesses; des tourbillons prennent naissance aux parois, grandissent, se détachent et sont entraînés par le courant général où ils s'éteignent, alors que d'autres se reforment derrière eux. Les grains en masse ne roulent pas, à vrai dire, sur le fond; un courant parfaitement régulier devrait seulement les coincer les uns contre les autres, jusqu'à ce que la surface, absolument aplanie, ne lui offrît plus aucune prise. Ce sont les tourbillons, naissant aux parois, qui soulèvent les grains; il existe, au voisinage du fond, une couche plus ou moins épaisse où les grains sableux demeurent momentanément en suspension. Les tourbillons, aux vitesses fortes eu égard au diamètre et à la densité des grains, rabotent la surface du sable. Si la vitesse ne dépasse pas beaucoup celle qui est nécessaire pour soulever le sable, chaque grain superficiel passe par une série de mouvements ascensionnels et de chutes, suivant un rythme régulier; les grains qui tombent à des intervalles assez régulièrement espacés modifient la surface primitivement plane, et des ripple-marks se produisent.

Comme on le voit, les résultats expérimentaux obtenus dans le laboratoire ne paraissent pas tous immédiatement applicables aux phénomènes naturels; un examen critique est nécessaire. L'apparition des ripple-marks, correspondant au début du déplacement des sables en masse, et leur disparition, correspondant à un déplacement plus rapide, sont fonction, non seulement des dimensions, de la densité et de la forme des grains, mais aussi de la forme, des dimensions, de la rugosité et de la rigidité du canal à travers lequel circule le courant d'une vitesse déterminée.

Les mesures sont reportées sur les tableaux suivants où α désigne l'angle du courant au-dessus d'un plan horizontal; si le courant est descendant, α devient négatif. Le courant a toujours été supposé parallèle à la ligne de plus grande pente du fond; si le fond est horizontal, le courant est horizontal.

Les vitesses moyennes du courant ont été seules indiquées; les résultats ont été discutés et les formules de calcul établies d'après ces vitesses. Le rapport de la vitesse au fond à la vitesse moyenne paraît dépendre de la nature du fond. D'après Dubuat, qui opérait sur des fonds rugueux, ce rapport est indépendant de la profondeur d'eau; il est d'autant plus faible que la vitesse est plus petite; pour les vitesses notables, la vitesse au fond est à la vitesse moyenne comme 3 est à 4.

Expériences 13. — Vitesses minima des courants d'eau capables de rouler des grains d'une forme déterminée sur une surface horizontale plus ou moins rugueuse: I surface polie (verre), II surface très peu rugueuse (verre dépoli), III surface rugueuse (lame de bois rugueuse), IV surface tassée et unie d'un sable fin de 0,035 centimètres de diamètre, mélangé de 10 p. 100 d'argile.

FORME DES GRAINS	NATURE des grains	DENSITÉ	DIAMÈTRE	VITESSE DES COURANTS D'EAU			
				I	II	III	IV
Sphères polies	Colophane.	1,076	0,11	0,05	0,05	0,6	0,3
—	—	»	0,32	0,05	0,1	2,3	1,0
—	—	»	0,42	0,05	0,2	3,2	1,4
—	—	»	0,59	0,05	0,3	4,6	2,0
—	Plomb.	11,300	0,09	0,1	1,0	15,0	7,0
—	—	»	0,14	0,2	2,0	25,0	15,0
—	—	»	0,21	0,1	3,0	33,0	17,0
Sphères ternies	Colophane.	1,076	0,15	0,1	0,2	0,9	0,6
—	—	»	0,30	0,1	0,2	2,0	1,3
—	—	»	0,82	0,1	0,9	4,2	3,0
—	Plomb.	11,300	0,09	0,3	2,7	16,0	10,0
—	—	»	0,14	0,5	4,0	21,0	16,0
—	—	»	0,21	1,0	7,0	26,0	22,0
Grains arrondis	Colophane.	1,076	0,15	0,5	0,5	1,5	0,6
—	—	»	0,30	1,3	1,2	2,5	2,0
—	—	»	0,58	2,5	2,3	4,2	2,8
—	Quartz.	2,650	0,10	3,2	2,8	7,0	4,5
—	—	»	0,24	7,4	7,2	14,0	9,5
—	—	»	0,42	11,0	11,0	19,5	14,5
—	—	»	0,60	12,0	13,5	24,5	19,0
—	Plomb.	11,300	0,09	11,0	10,0	20,0	16,0
—	—	»	0,14	16,5	16,0	27,0	20,0
—	—	»	0,21	21,0	20,0	35,0	26,0
—	—	»	0,34	28,0	27,0	45,0	34,0
Grains anguleux	Colophane.	1,076	0,15	1,8	1,7	1,6	1,2
—	—	»	0,30	3,5	3,2	3,0	2,4
—	—	»	0,61	5,7	5,5	5,2	4,4
—	Quartz.	2,650	0,24	16,0	15,0	15,5	12,5
—	—	»	0,42	23,0	22,0	22,0	20,0
—	—	»	0,58	27,5	26,5	25,5	23,5
—	Plomb.	11,300	0,15	32,0	30,0	31,0	27,0
—	—	»	0,21	39,0	38,0	38,0	33,0
—	—	»	0,40	53,0	54,0	56,0	47,0

Expériences 14. — Diamètres des galets ou graviers arrondis de silex (densité 2,60) roulés sur le sable fin de la plage de Luc-sur-Mer par un courant d'eau de mer de vitesse déterminée.

DIAMÈTRE	VITESSE	DIAMÈTRE	VITESSE
0,8	25	2,1	40
1,0	29	2,6	42
1,2	30	2,8	47
1,7	35	3,2	46

Expériences 15. — Vitesses minima des courants d'eau capables de faire remonter une pente α à des grains d'une forme déterminée roulant sur un sol poli.

FORME DES GRAINS	NATURE des grains	DENSITÉ	DIAMÈTRE	VITESSES DES COURANTS D'EAU :			
				$\alpha = 30^\circ$.	$\alpha = 45^\circ$.	$\alpha = 60^\circ$.	$\alpha = 90^\circ$.
Sphères polies.....	Colophane.	1,076	0,79	8,3	10,0	10,6	12,0
—	Plomb.	11,300	0,14	37,9	44,5	47,3	54,2
—	»	»	0,21	50,1	57,8	63,1	—
Sphères ternies.....	Plomb.	11,300	0,14	29,7	32,6	34,7	39,4
—	»	»	0,21	34,8	41,5	43,3	49,5
Grains arrondis.....	Colophane.	1,076	0,54	4,9	5,2	5,7	6,4
—	Quartz.	2,650	0,50	21,8	25,5	27,1	31,2

Expériences 16. — Vitesses minima des courants d'eau capables de faire remonter une pente α à des grains d'une forme déterminée roulant sur un sol rugueux (lame de bois rugueuse).

FORME ET NATURE DES GRAINS	DENSITÉ	DIAMÈTRE	VITESSES DES COURANTS D'EAU :					
			$\alpha = -15^\circ$.	$\alpha = -5^\circ$.	$\alpha = 0^\circ$.	$\alpha = 5^\circ$.	$\alpha = 15^\circ$.	$\alpha = 30^\circ$.
Grains arrondis :								
Colophane.....	1,076	0,58	2,6	4,2	4,5	5,0	6,1	7,0
Quartz.....	2,650	0,60	16,5	22,0	24,5	27,5	30,0	34,0
Grains anguleux :								
Colophane.....	1,076	0,61	3,3	4,5	5,2	5,7	6,5	7,0
Quartz.....	2,650	0,58	20,0	25,0	26,5	28,0	32,0	35,0

Expériences 17. — Vitesses minima des courants d'eau capables de faire remonter une pente α à des grains d'une forme déterminée roulant sur un sol de sable fin tassé et mélangé de 10 p. 100 d'argile.

FORME ET NATURE DES GRAINS	DENSITÉ	DIAMÈTRE	VITESSES DES COURANTS D'EAU :					
			$\alpha = -15^\circ$.	$\alpha = -5^\circ$.	$\alpha = 0^\circ$.	$\alpha = 5^\circ$.	$\alpha = 15^\circ$.	$\alpha = 20^\circ$.
Sphères polies :								
Colophane.....	1,076	0,42		0,5	1,4	2,2	3,5	5,1
—	»	0,59		0,8	2,0	3,2	5,1	7,8
Grains arrondis :								
Colophane.....	1,076	0,58	0,8	2,1	2,8	3,3	4,7	6,2
Quartz.....	2,650	0,60	6,0	16,0	19,0	22,0	25,5	29,0
Plomb.....	11,300	0,34	14,5	29,5	34,0	37,5	48,0	56,0
Grains anguleux :								
Colophane.....	1,076	0,61	2,5	3,6	4,4	4,9	5,7	7,0
Quartz.....	2,650	0,58	16,0	22,0	23,5	25,0	28,0	32,0

Expériences 18. — Pentes minima nécessaires pour que des grains de forme déter-

minée commencent à rouler sur le fond : I surface polie (verre), II surface très peu rugueuse (verre dépoli), III surface rugueuse (lame de bois rugueuse), IV surface de sable fin tassé.

FORME DES GRAINS	PENTES MINIMA			
	I	II	III	IV
Sphères polies.....	0° 20'	2° 30'	19° 00'	10° 00'
Sphères ternies.....	1° 15'	4° 30'	22° 00'	14° 00'
Grains arrondis.....	14° 30'	15° 00'	29° 00'	19° 00'
Grains anguleux.....	34° 00'	33° 00'	33° 00'	28° 00'

Les mesures se rapportent à des grains de quelques millimètres de diamètre ; si les grains sont très fins, les pentes doivent être plus fortes.

Expériences 19. — Vitesses minima nécessaires au déplacement de grains en masse : I déplacement de quelques grains superficiels, cessant bientôt lorsque la surface est aplanie ; II déplacement persistant, avec début des ripple-marks ; III déplacement rapide et disparition des ripple-marks.

Les sables employés sont des sables purs, sans argile, et non tassés.

FORME DES GRAINS	NATURE des grains	DENSITÉ	DIAMÈTRE	VITESSES MINIMA NÉCESSAIRES AU DÉPLACEMENT		
				I.	II.	III.
Sphères polies.....	Colophane.	1,076	0,150	0,8	—	—
—	Plomb.	11,300	0,150	18,0	—	—
—	—	»	0,300	26,0	—	—
Sphères ternies.....	Colophane.	1,076	0,150	0,9	—	—
—	Plomb.	11,300	0,300	33,0	—	—
Grains arrondis.....	Colophane.	1,076	0,035	0,5	4 ?	9
—	—	»	0,150	1,3	8	18
—	Quartz.	2,650	0,015	1,0	10	26
—	—	»	0,035	2,0	17	39
—	—	»	0,070	5,0	26	55
—	—	»	0,150	8,0	36	70
—	—	»	0,350	17,0	55 ?	—
—	Plomb.	11,300	0,150	26,0	—	—
—	—	»	0,300	39,0	—	—
Grains anguleux.....	Colophane.	1,076	0,300	3,3	—	—
—	Quartz.	2,650	0,035	3,0	22	45
—	—	»	0,070	6,0	29	60
—	—	»	0,350	20,0	—	—

Expériences 20. — Vitesses minima nécessaires à l'enlèvement de grains arrondis à la surface d'un sable fin non tassé dont les grains possèdent un diamètre de 0,035 centimètres : I déplacement pouvant être continu, II déplacement momentané, avec immobilisation au fond des ripple-marks.

NATURE DES GRAINS	DENSITÉ	DIAMÈTRE	VITESSES	
			I	II
Colophane.....	1,076	0,60	3	—
Quartz.....	2,650	0,40	15	—
—.....	2,650	0,60	—	20
—.....	»	0,80	—	22
Plomb.....	11,300	0,34	—	35
—.....	11,300	0,50	43	—
—.....	»	0,85	50	—

Expériences 21. — Vitesses nécessaires au déplacement en masse d'un sable fin tassé et plus ou moins mélangé d'argile.

PROPORTION D'ARGILE DANS LE SABLE A ÉLÉMENTS QUARTZEUX DE 0,035 CENTIMÈTRE DE DIAMÈTRE	VITESSES NÉCESSAIRES AU DÉBUT DU DÉPLACEMENT EN MASSE
Sable tassé par pression, contenant 0 p. 100 d'argile.....	25
— — — 1 p. 100 d'argile.....	30
— — — 3 p. 100 d'argile.....	45
— — — 10 p. 100 d'argile.....	65

Discussion des résultats.

Par analogie avec le cas de grains en suspension, il est probable qu'aux très petites vitesses la prépondérance est acquise, dans l'expression du diamètre en fonction de la vitesse et de la densité relative, à un terme en $\sqrt{\frac{\nu}{\rho - \sigma}}$ et, aux vitesses suffisantes pour que l'action de l'inertie l'emporte sur celle de la viscosité, à un terme en $\frac{\nu^2}{\rho - \sigma}$.

I. *Influence de la vitesse.* — Toutes autres conditions identiques, le diamètre des grains roulés est sensiblement proportionnel, soit à la racine carrée des très faibles vitesses, soit aux simples vitesses, soit au carré des fortes vitesses.

II. *Influence de la densité.* — Le diamètre des grains varie à peu près en raison inverse de la racine carrée de la densité relative aux très petites vitesses et pour les très petits diamètres, ou en raison inverse de la densité relative lorsque la vitesse atteint une certaine valeur.

III. *Influence de l'inclinaison.* — Si les grains doivent monter ou descendre des pentes α (expériences 16 et 17), les racines carrées des faibles vitesses ou les carrés des fortes vitesses correspondant à leur déplacement se trouvent augmentés ou diminués

de quantités proportionnelles à $\sin \alpha$, lorsque l'angle α ne dépasse pas 15° , et à peu près les mêmes quelle que soit la rugosité du sol ; l'augmentation ou la diminution sont relativement plus fortes sur un sol uni et poli.

IV. *Influence des matières en dissolution ou en suspension.* — Les mesures relatives aux courants d'eau de mer (tableau 14) sont identiques à celles relatives aux courants d'eau douce ; la légère différence causée par l'augmentation de densité de l'eau est bien inférieure à la précision des expériences.

Des grains volumineux sont déplacés avec plus de facilité à la surface d'un sable lui-même entraîné par le courant qu'à la surface du même sable tassé et immobile (expériences 20, deux dernières lignes). Deux motifs rendent compte du phénomène. En premier lieu, l'énergie mise en jeu augmente ; les petits grains vite entraînés viennent heurter les grains plus gros et leur communiquent une partie de leur impulsion. En second lieu, l'ébranlement des grains sableux amoindrit beaucoup les frottements.

Aucune de nos expériences ne se rapporte aux grains roulés par une eau chargée d'argile. Les résultats seraient sans doute analogues à ceux obtenus pour les grains en suspension. La puissance de transport d'un torrent aux eaux argileuses est plusieurs fois supérieure à celle d'un torrent identique aux eaux pures. On a observé l'entraînement de blocs de plusieurs mètres cubes par une masse boueuse en mouvement (1).

V. *Influence de la forme et de la rugosité des grains et du sol.* — Les grains utilisés appartiennent aux quatre catégories suivantes :

- 1^o Sphères parfaites polies ;
- 2^o Sphères non polies ;
- 3^o Grains arrondis à arêtes émoussées ;
- 4^o Grains anguleux à arêtes vives et à faces planes.

Ces grains roulaient sur des fonds plus ou moins rugueux :

- 1^o Sol poli (verre) ;
- 2^o Sol très peu rugueux (verre dépoli) ;
- 3^o Sol rugueux (lame de bois rugueuse) ;
- 4^o Sol de sable fin tassé.

Les vitesses nécessaires au déplacement semblent devoir être d'autant moindres que les grains sont mieux arrondis et que la surface du fond présente moins d'aspérités.

A une même vitesse du courant, le diamètre des grains roulés sur un sol poli décroît toujours quand la forme s'éloigne de plus en plus de celle d'une sphère parfaite. Mais le diamètre des grains roulés sur un sol rugueux commence par croître quand on passe des sphères parfaites aux grains sphériques un peu rugueux, et décroît ensuite quand on passe aux grains arrondis et enfin aux grains anguleux.

Le diamètre des grains sphériques roulés par un même courant sur des fonds différents décroît toujours lorsque les aspérités du sol augmentent. Quant au diamètre des

(1) ÉLIE DE BEAUMONT, Leçons de Géologie pratique, t. II, p. 40, 1849.

grains arrondis et surtout des grains anguleux, il présente un maximum pour une certaine rugosité du fond ; soit que le sol devienne plus rugueux, soit qu'il devienne plus poli, le diamètre diminue.

En plus des coefficients qui expriment la relation entre la forme des grains et la résistance de l'eau, de nouveaux coefficients à introduire dans les formules de calcul devront représenter les frottements des grains contre le sol. Les valeurs de ces coefficients seront données plus loin.

VI. — *Déplacement des sables en masse.* — Les grains superficiels d'un fond sableux dont la surface présente de petites inégalités commencent à se déplacer à une vitesse assez faible. Les inégalités disparaissent peu à peu ; la surface s'aplanit ; les grains se coincent les uns contre les autres ; le déplacement cesse ou demeure négligeable.

A une vitesse plus considérable, comprise entre le triple et le décuple de la précédente, des ripple-marks rident le fond et le sable se déplace en masse, mais avec une extrême lenteur (expériences 19).

Enfin, à une vitesse encore plus forte, environ le double de celle qui correspond à leur apparition, les ripple-marks sont rabotés et l'enlèvement du sable devient rapide.

Comme nous l'avons vu plus haut, les vitesses auxquelles apparaissent et disparaissent les ripple-marks dépendent dans une certaine mesure de la section du canal et de la nature de ses bords.

VII. — *Effets du tassement et de la présence d'argile.* — Le déplacement des sables, dans la nature, est beaucoup plus difficile à réaliser que ne le donneraient à penser nos résultats expérimentaux. En même temps que l'influence de la section du canal et de la nature de ses bords, celle du tassement du sable et de son mélange avec l'argile nous a semblé prépondérante. Comme le montrent les expériences 21, la surface d'un sable tassé et surtout d'un sable argileux tassé pourra être parcourue par un courant très rapide sans qu'aucun déplacement se produise.

Il suffit de creuser un sillon dans le sable argileux tassé pour voir ce sillon s'élargir peu à peu, tout en se comblant en partie ; une couche plus ou moins épaisse du sable tassé est de la sorte entraînée par le courant rapide dont le pouvoir érosif cessera lorsque la surface sera de nouveau à peu près aplanie.

Formules de calcul.

A la vitesse limite qui correspond au déplacement d'un grain roulé, les forces résultant de la résistance de l'eau font équilibre à la composante de la pesanteur suivant la ligne de plus grande pente du fond, ainsi qu'à la résistance au mouvement du grain sur le sol.

La résistance de l'eau, pour un courant de vitesse ν supposé parallèle à la surface du fond, est donnée par une expression de la forme $F = \frac{1}{4} \pi d^2 (m \sigma \nu^2 + \sqrt{n \eta g (\rho - \sigma) \nu})$.

Les expériences 15, relatives aux sphères parfaites et aux grains presque sphériques roulés sur un sol poli incliné, expériences dans lesquelles les frottements sont à peu près négligeables, tendent à faire accorder aux coefficients m et n approximativement la même valeur que dans le cas de grains en suspension. Mais, tandis que l'effet du courant est d'imprimer aux grains en suspension une impulsion dans le sens du mouvement de l'eau, l'effet du courant sur les grains contigus au fond est de les rouler sur le sol, ainsi que le montre la figure 4. On s'explique pourquoi tous les grains, même lorsqu'ils présentent des faces planes, se déplacent en roulant sur le sol.

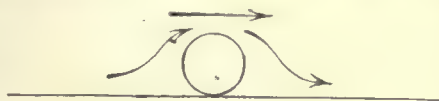


Fig. 4.

La force de la pesanteur P , égale à $\frac{1}{6} \pi d^3 g (\rho - \sigma)$, peut se décomposer en deux autres (fig. 5) : l'une, $P \cos \alpha$, normale à la paroi sur laquelle roulent les grains et appliquant ceux-ci contre le fond ; l'autre, $P \sin \alpha$, parallèle à la pente.

La force $P \sin \alpha$ tend à faire descendre le grain. Suivant que le courant remonte ou descend la pente α , $\sin \alpha$ est positif ou négatif.

Les frottements sont proportionnels à la pression du grain sur le fond, c'est-à-dire à $k P \cos \alpha$; la valeur de k varie suivant la rugosité et la forme des grains et du sol.

Nous aurons :

$$F = k P \cos \alpha + P \sin \alpha$$

ou, en remplaçant F et P par leurs valeurs et en posant $a = \frac{3}{2} m$ et $b = \frac{3}{2} n$,

$$d = \frac{a \sigma v^2 + \sqrt{b \eta g (\rho - \sigma) v}}{g (\rho - \sigma) (k \cos \alpha + \sin \alpha)}.$$

Aux vitesses ordinaires, le terme en \sqrt{v} est négligeable vis-à-vis du terme en v^2 et l'on a :

$$d = \frac{a \sigma v^2}{g (\rho - \sigma) (k \cos \alpha + \sin \alpha)},$$

Lorsque la valeur de $k \cos \alpha$ est faible eu égard à $\sin \alpha$, un même grain se trouve entraîné à des vitesses proportionnelles à la racine carrée de $\sin \alpha$. Ce résultat est confirmé par les expériences 15.

Les cours d'eau naturels, au contraire, présentent presque toujours un fond rugueux et une faible pente, si bien que $k \cos \alpha$ l'emporte sur $\sin \alpha$.

Les grains situés à la surface d'un sol plus ou moins rugueux commencent à descendre lorsque la pente du sol dépasse un certain angle β . Cet angle est indépendant (1) des dimen-

(1) En réalité, l'angle β semble légèrement augmenter lorsqu'il s'agit de grains plus fins ; les aspérités de la surface prennent alors proportionnellement plus d'importance.

sions des grains de même forme, et sa tangente est égale à k (expériences 18). On a, en effet, $P \sin \beta = k P \cos \beta$; d'où $k = \operatorname{tg} \beta$. D'autre part, le diamètre des grains reste indéterminé; la formule générale donne, puisque les grains commencent à se déplacer à une

$$\text{vitesse nulle du courant : } d = \frac{0}{k \cos \beta + \sin \beta} = \frac{0}{0}.$$

Le premier déplacement de quelques grains superficiels d'un fond sableux s'effectue d'une façon analogue au déplacement des grains sur sol rugueux. Les frottements sont exprimés par un coefficient k dont la valeur est celle de la tangente de l'angle limite d'éboulement des sables (17 degrés pour les sphères parfaites polies, 25 pour les sphères ternies, 30 pour les grains arrondis, 35 à 40 pour les grains anguleux).

Le déplacement en masse s'effectue dans des conditions toutes différentes; il est dû aux mouvements tourbillonnaires de l'eau. Les coincements prennent de plus en plus d'importance. Ils sont difficilement susceptibles de mesures; mais on peut conserver pourtant, comme formules approchées applicables aux fonds non tassés, les formules précédentes, à la condition de donner au coefficient k une première valeur k' correspondant à l'apparition des ripple-marks et une seconde valeur k'' correspondant au début du déplacement rapide sans ripple-marks.

Nos expériences conduisent à adopter pour les divers coefficients les valeurs suivantes :

FORME ET RUGOSITÉ DES GRAINS ET DU SOL	k .	a .	b .
Sphères polies sur sol poli.....	0,005	0,30	18
— sur sol très peu rugueux.....	0,04	»	»
— sur sol rugueux.....	0,35	»	»
— sur sable fin tassé.....	0,17	»	»
— sur sphères identiques.....	0,25	»	»
Sphères ternies sur sol poli.....	0,02	0,70	16
— sur sol très peu rugueux.....	0,08	»	»
— sur sol rugueux.....	0,40	»	»
— sur sable fin tassé.....	0,25	»	»
— sur sphères identiques.....	0,40	»	»
Grains arrondis sur sol poli.....	0,27	0,75	16
— sur sol très peu rugueux.....	0,25	»	»
— sur sol rugueux.....	0,55	»	»
— sur sable fin tassé.....	0,35	»	»
— sur grains identiques.....	0,50	»	»
— en masse, ripple-marks.....	5,00	»	»
— en masse, déplacement rapide.....	25,00	»	»
Grains anguleux sur sol poli.....	0,70	0,80	15
— sur sol très peu rugueux.....	0,65	»	»
— sur sol rugueux.....	0,65	»	»
— sur sable fin tassé.....	0,50	»	»
— sur grains identiques.....	0,70	»	»
— en masse, ripple-marks.....	7,00	»	»
— en masse, déplacement rapide.....	30,00	»	»

Ainsi que nous en avons déjà fait la remarque, les valeurs de k , qui correspondent au déplacement en masse avec ripple-marks ou sans ripple-marks, sont ordinairement plus

fortes que celles indiquées sur le tableau précédent, lorsqu'il s'agit de cours d'eau naturels ou de courants marins.

COURANTS D'EAU. CONCLUSIONS.

Les résultats précédents conduisent immédiatement à quelques considérations générales relatives à la sédimentation.

Grains ultramicroscopiques en suspension dans l'eau. — Tous les éléments chimiques, ou à peu près, se rencontrent dans l'eau de mer, simples ou plus souvent combinés. Très vraisemblablement ils ne se trouvent pas tous à l'état dissous, mais ils doivent exister parfois sous forme de grains ultra-microscopiques en suspension. Les particules de l'ordre du cent-millième ou du millionième de millimètre ont théoriquement une vitesse de chute, nulle et l'on sait combien il est difficile de préparer un liquide optiquement vide.

Sédimentation aux grandes profondeurs océaniques. — La vitesse de chute des poussières minérales les plus fines reste extrêmement faible. Des grains de quartz d'un millième de millimètre de diamètre (1) descendent seulement de 6×10^{-5} centimètres par seconde à la température de 4° (2), soit 18 mètres par an ou 1800 mètres par siècle. La chute des grains d'un centième de millimètre ne dépasse pas 150 mètres par mois, soit 1800 mètres par an. Les poussières éoliennes, le plus souvent volcaniques, ou les poussières cosmiques les plus ténues qui tombent en mer, de même que les très rares particules minérales entraînées par les courants au-dessus des fosses océaniques proches d'îles ou de continents, descendent avec une telle lenteur qu'elles pourront, pour peu qu'elles soient solubles ou attaquables, se dissoudre pendant leur trajet, ou s'altérer au contact des couches d'eau contenant de l'oxygène et d'autres agents chimiques (3). *L'argile rouge des grands fonds doit être considérée comme le résidu de dissolution et d'attaque, en particulier d'oxydation, des particules fines qui tombent à travers les eaux océaniques.*

La faible importance de l'apport des poussières éoliennes ou cosmiques, la dissolution partielle ou totale de beaucoup d'entre elles avant leur chute sur le fond, expliquent la lenteur excessive du dépôt des sédiments abyssaux. Quelques globules chondritiques d'origine cosmique qui tombent à la surface des océans comme sur toute la surface terrestre, ainsi que certains minéraux volcaniques lancés à une hauteur suffisante pour pouvoir effectuer un assez long parcours avant de redescendre au niveau de la mer, tels sont, avec l'argile rouge et les concrétions manganésiennes, les principaux éléments des dépôts

(1) Ces grains sont supposés posséder une forme arrondie.

(2) La diminution de température de l'eau de mer depuis la surface jusqu'au fond commence, en effet, par être très rapide jusqu'à une profondeur comprise entre 700 et 1 200 mètres où le thermomètre marque + 4°. De là, elle continue à s'abaisser jusqu'au fond où elle varie entre + 2° et 0° aux grandes profondeurs dépassant 4 000 mètres. La température moyenne de la masse d'eau qui recouvre les grands fonds océaniques est d'environ + 4°.

(3) S'il s'agit de grains volumineux, la dissolution ou l'attaque ne seront que partielles.

marins profonds (1). Le diamètre des chondres peut être quelconque et dépasse parfois un millimètre; mais le diamètre moyen des minéraux volcaniques entraînés par le vent est limité par la loi de leur chute à travers l'air et, le plus souvent, atteint au maximum 3 ou 4 centièmes de millimètre. Plusieurs de ces minéraux possèdent des contours rectilignes et des arêtes vives, leur attaque ayant été faible ou nulle pendant leur chute à travers l'eau.

Répartition du calcaire dans les dépôts marins profonds. — La vitesse limite de chute devient excessivement réduite, non seulement lorsque les dimensions des grains sont faibles, mais aussi lorsque leur densité tend à se rapprocher de la densité de l'eau *in situ*. Les animaux pélagiques, même lorsqu'ils possèdent un test siliceux ou calcaire comme les Radiolaires ou les Foraminifères, ont une densité moyenne très voisine de celle de l'eau de mer où ils vivent; les mouvements de leurs pseudopodes ne contribuent pas beaucoup à assurer leur flottaison. Après leur mort, comme leur densité est à peu près celle de l'eau de mer, leur chute est d'abord très lente; pour un diamètre d'un dixième de millimètre et une différence de densité de 1 p. 1000, leur chute est de 29 centimètres par jour à une température moyenne de 4°; pour une différence déjà notable de 1 p. 100, leur chute est de moins de 3 mètres par jour. Il suffirait de connaître à chaque instant leur densité relative dans les diverses couches d'eau pour en déduire immédiatement leur vitesse de chute. La disparition de vacuoles gazeuses entraîne d'abord une augmentation de la densité apparente; l'observation montre que le plankton mort tombe sur le fond. Plus tard, les gaz résultant de la putréfaction peuvent être emprisonnés dans le *plasmostracum* calcaire des Foraminifères, et la densité relative peut devenir faible ou même négative; la chute se trouve considérablement ralentie ou remplacée par un mouvement ascensionnel. Enfin, après un temps qui ne saurait être excessivement long pour des organismes souvent microscopiques, les divers produits de la décomposition des substances protoplasmiques finissent par être dissous dans l'eau. La densité moyenne du squelette rempli d'eau de mer devient relativement élevée, et le test vidé descend sur le fond en quelques heures, s'il n'y est déjà parvenu. Le temps nécessaire à la chute d'un organisme doit être très variable suivant la façon dont s'opère la putréfaction. Seules, des expériences où les conditions de température, de pression, de densité et de composition de l'eau, ainsi que d'en semencement microbien, seraient autant que possible analogues aux conditions naturelles, permettraient d'avoir une idée de la durée nécessaire à la chute d'un organisme donné, depuis la surface jusqu'au fond, en un point déterminé de l'Océan.

Il n'est pas impossible, d'après nos expériences et nos observations, que, selon l'hypothèse de Murray sur la diminution du calcaire dans les grands fonds, la descente des Foraminifères pélagiques soit assez lente pour que leur squelette se dissolve en totalité ou en partie pendant leur chute. Les produits de la décomposition des matières protoplasmiques accélèrent l'attaque du calcaire. Mais nous ne connaissons exactement, ni l'ordre de grandeur

(1) Il faut y ajouter, dans beaucoup de cas, le carbonate de chaux provenant des organismes à test calcaire.

de la durée de la chute, ni l'ordre de grandeur du temps nécessaire à la disparition du *plasmostracum*. Aussi, à notre avis, *l'hypothèse de Murray reste très plausible, mais non démontrée*.

La diminution de la proportion de calcaire, lorsque la profondeur augmente, ne peut être, du reste, qu'une loi approchée et, en réalité, la répartition du calcaire paraît très souvent, ainsi que l'a montré M. Thoulet, n'être nullement fonction de la profondeur. Les causes de la répartition du calcaire sont multiples. Sans tenir compte du carbonate de chaux des organismes benthiques, si l'on suppose que la presque totalité provienne des organismes superficiels, la teneur variera suivant le nombre et la nature des êtres planktoniques, ainsi que suivant la durée de leur chute et suivant le coefficient de solubilité du calcaire. Ces deux derniers facteurs dépendent : le premier, de la profondeur, mais aussi des dimensions des organismes et surtout de leur densité relative aux divers moments ; le second, de la température et de la pression de l'eau, de la présence d'une plus ou moins grande proportion de CO_2 ou d'autres composés facilitant l'attaque du calcaire, enfin de la production, dans l'organisme lui-même entré en putréfaction, de gaz carbonique ou d'acides organiques capables de corroder le test. Dans les mers chaudes, les organismes calcaires sont plus nombreux et généralement de plus fortes dimensions que dans les mers froides ; la putréfaction s'accélère plus rapidement ; la viscosité de l'eau est moindre ; toutes ces raisons concourent à expliquer l'augmentation relative du calcaire et la moindre finesse du grain dans les dépôts profonds des mers chaudes (1).

Entraînement des sables en suspension. — La vitesse de chute d'éléments quartzeux d'un ou de quelques dixièmes de millimètres de diamètre atteint plusieurs centimètres par seconde. Les courants marins, sensiblement horizontaux, ne sont pas capables de maintenir les grains denses en suspension ; la vitesse de chute y est la même que dans l'eau calme. Seuls, les remous et les tourbillons des cours d'eau et, en mer, les mouvements des vagues pourront soulever les sables ; les grains sont ensuite entraînés, pendant leur chute dans l'eau, par les courants plus ou moins horizontaux.

Schistosité des sédiments (2). — *Les corps tombent toujours de manière à présenter la plus grande surface horizontale possible ; une lame mince, déposée dans l'eau avec précaution, demeure toujours horizontale pendant sa chute, sans aucune oscillation. Comme on l'a déjà remarqué, ce phénomène est en rapport avec la disposition des sédiments en feuillets.*

Limons d'alluvionnement et vases marines. — La présence d'argile dans l'eau diminue la vitesse de chute dans des proportions très élevées. Les sables fins soulevés par les tourbillons dans les cours d'eau argileux demeurent en suspension mélangés à l'argile et

(1) La vase à Globigérines s'observe « à de plus grandes profondeurs dans les régions tropicales que dans celles situées au Sud ou au Nord, sous des latitudes plus élevées » et, « dans les régions tempérées, son grain est généralement plus fin ». (J. MURRAY et A. F. RENARD, *Carte des sédiments de mer profonde, avec notice explicative*. Bruxelles, 1894, pp. 23 et 20).

(2) Il s'agit simplement ici de la disposition des sédiments en feuillets, et non de la schistosité due à des actions dynamiques.

se déposent avec elle, car, pendant la flocculation, la vitesse de chute des sables est augmentée. *Les limons d'alluvionnement devront être à la fois sableux et argileux.* De même les vases déposées à l'embouchure des fleuves devront contenir des éléments sableux assez volumineux entraînés au milieu de l'argile qui floccule au contact de l'eau de mer.

La proportion d'argile est toujours restreinte dans les eaux marines qui précipitent les silicates d'alumine hydratés colloïdaux; elle n'est jamais suffisante pour influencer sur les conditions de suspension des grains. *Les vases marines proprement dites, dont le dépôt est plus lent que celui des vases fluviales, sont souvent des argiles pures, et les grains minéraux qu'elles peuvent contenir sont ordinairement ténus et presque impalpables.*

Grains roulés sur le fond. Augmentation de la puissance de transport par l'interposition de sable. Manque d'homogénéité des sédiments déposés par un courant d'eau. — La vitesse nécessaire à un courant pour rouler un corps sur le fond dépend de facteurs multiples. Les tableaux qui donnent, en fonction de la vitesse, le diamètre des grains, supposés quartzeux ou calcaires, n'ont d'utilité que si les conditions sont nettement spécifiées : forme et rugosité des grains, nature, forme et inclinaison du sol, entraînement en masse ou par grains isolés. Ainsi, des galets quartzeux arrondis de 2 centimètres de diamètre seront déplacés isolément, sur un sol horizontal uni de sable fin, à une vitesse de 35 centimètres à la seconde; en masse, sans interposition de sable, ils ne seront déplacés sur un sol horizontal que par un courant de 130 centimètres par seconde. Les galets aplatis que l'on rencontre ordinairement nécessiteraient des vitesses beaucoup plus fortes; leur coefficient de frottement, bien supérieur à celui des grains arrondis, dépasse même celui des grains anguleux que nous avons utilisés.

Les vitesses au fond, qui seules importent pour le transport des grains roulés, sont inférieures aux vitesses moyennes. Le rapport des unes aux autres semble, dans nos expériences, presque égal à $3/4$. On admet, d'après Dubuat, que le rapport est de $3/4$ aux vitesses de quelques décimètres par seconde, légèrement inférieur aux vitesses réduites. En prenant pour unité la vitesse superficielle, la vitesse moyenne serait comprise entre 0,76, 0,79 et 0,89, et la vitesse au fond entre 0,20, 0,60, et 0,83 pour des vitesses superficielles de 10, 50 et 300 centimètres par seconde (1).

Nous pouvons donner, à titre d'exemple, un tableau des vitesses nécessaires au transport, sur un sol horizontal, de grains siliceux ou calcaires identiques à ceux qui constituent les sables, les graviers et les galets des plages ou du lit des rivières, c'est-à-dire le sable et les graviers arrondis, les galets aplatis; on ne tient pas compte des tassements. Les diamètres sont donnés en centimètres. Les vitesses, indiquées en centimètres par seconde, correspondent : la première, au déplacement de grains isolés sur un sol tassé de sable fin; la seconde, au roulement des grains les uns sur les autres; la troisième, au début du déplacement en masse, avec ripple-marks dans le cas d'un sable; la quatrième, à l'entraînement rapide en masse et à la disparition des ripple-marks. La dernière colonne donne

(1) DUBUAT, *Principes d'hydraulique*, in ELIE DE BEAUMONT, *Leçons de Géologie pratique*, t. II, p. 108, 1849.

par comparaison les vitesses mesurées par Dubuat (1). Dubuat se servait d'un canal en bois d'autant plus incliné que la vitesse à atteindre était plus forte, si bien que ses mesures relatives aux sables semblent se rapporter au début de leur déplacement en masse, tandis que celles relatives aux galets correspondent à la fois au roulement des grains les uns sur les autres et à leur glissement sur le fond incliné.

		DIAMÈTRE	VITESSE Grains isolés. Sol de sable fin tassé.	VITESSE Grains roulant les uns sur les autres.	VITESSE Déplacement en masse.		VITESSE d'après Dubuat
					I.	II.	
Grains arrondis.	Sable très fin.....	0,02	—	—	11	31	—
	— fin.....	0,04	—	—	18	45	—
	— moyen.....	0,06	—	4	23	55	16
	— gros.....	0,15	7	9	38	88	—
	Gravier fin.....	0,35	13	16	60	140	19
Grains aplatis.	— moyen.....	0,65	20	24	85	190	—
	— gros.....	1,00	26	30	110	250	32
	Petits galets.....	2,50	50	60	190	390	65
	Gros galets.....	5,00	75	90	270	600	100

Les vitesses que nous donnons sont des minima. Le lit des cours d'eau ou le sol sous-marin sont souvent rugueux, entrecoupés de dépressions; les grains qui se rencontrent dans la nature, notamment les galets, présentent des faces aplanies; il se produit toujours des tassements, des adhérences ou des coincements, et la floculation en particulier a pour résultat d'agglomérer les grains fins en une masse inhomogène de faible densité, mais de volume considérable; toutes ces causes sont autant d'obstacles au déplacement. De plus, l'entraînement en masse des sables ou des graviers dépend de l'établissement, dans le cours d'eau, d'un régime mixte, irrégulier et tourbillonnaire, et varie par suite d'après la section du lit, d'après la rugosité et la rigidité des parois.

L'interposition de sable au milieu de grains plus volumineux facilite l'entraînement par le courant; des graviers, des galets ou des blocs qui, isolés ou en masse, seraient demeurés immobiles s'ils étaient seuls, sont mus sur le fond s'ils se trouvent mélangés à des éléments de dimensions moindres. Ce phénomène est depuis longtemps connu des ingénieurs qui le mettent à profit pour leurs travaux. Nous-mêmes avons pu observer, l'été dernier, l'augmentation rapide de la puissance de transport d'un torrent alpin après une pluie d'orage. La vitesse superficielle et le diamètre des grains roulés avaient été précédemment mesurés : courant de 5 kilomètres à l'heure, déplaçant difficilement en masse des graviers de 0,5 à 0,7 centimètre de diamètre ou, sur fond graveleux uni, des galets isolés de diamètre compris entre 3 et 5 centimètres suivant leur forme plus ou moins aplatie. Après la pluie, la vitesse superficielle au même point étant devenue environ 2,5 fois plus forte, on pouvait voir roulés par l'eau limoneuse des blocs de plusieurs décimètres de diamètre. Le fond était auparavant constitué par des galets et des graviers, sans sable. Mais, pendant la pluie, du sable arraché par les eaux sauvages s'était mélangé au gravier; sa présence était indiscutable, car, traversant les mailles d'un grillage destiné

(1) DUBUAT, in ELIE DE BEAUMONT, *loc. cit.*, p. 138. Les vitesses indiquées seraient les vitesses au fond.

à arrêter les sédiments ordinairement graveleux, il avait envahi une canalisation alimentée par le torrent. Lorsque le niveau eut baissé et que l'eau fut redevenue claire, le sable avait presque entièrement disparu ; mais, grâce à lui, des galets de 6 centimètres avaient été déplacés en masse, et plusieurs gros blocs, dont l'un de 80 centimètres de diamètre, avaient été roulés isolément, tandis que la simple augmentation de vitesse aurait expliqué seulement le déplacement de galets de 3 centimètres ou de blocs isolés de 20 à 30 centimètres de diamètre.

La facilité qu'éprouvent les grains plus gros à rouler sur le fond, lorsqu'ils sont mélangés avec des grains plus fins, a pour conséquence le manque d'homogénéité des sédiments déposés par les courants. *Lorsqu'une roche à éléments clastiques arrondis ou anguleux présentera en même temps des grains de dimensions très différentes, on pourra conclure avec probabilité qu'elle est due à l'action de courants d'eau* qui roulent les sédiments sur le fond (1). *Les sables roulés par le vent seront, au contraire, caractérisés par un grain remarquablement uniforme.*

Anomalies apparentes de la variation de la puissance de transport d'un courant sur fond sableux. — Une couche de sable soumise à l'action d'un courant d'eau présente des phénomènes complexes. A une faible vitesse, le déplacement des grains cesse bientôt après l'aplanissement complet de la surface et le sable paraît se tasser. Au-dessus d'une première vitesse critique, prennent naissance des ripple-marks plus ou moins nets, et le mouvement devient continu. Enfin, à partir d'une seconde vitesse critique, les ripple-marks disparaissent, et l'entraînement des grains devient soudain plus rapide. La valeur des deux vitesses critiques dépend, non seulement des dimensions des grains, mais aussi de la section du canal suivi par le courant et de la nature plus ou moins polie et rigide des bords ; les vitesses sont plus grandes dans le cas des cours d'eau naturels à large section et à bords rugueux tapissés d'herbes et d'algues flexibles. Le plus souvent, en outre, les sables sont tassés et mélangés d'argile. Les phénomènes qui devraient apparaître ne se produisent pas et, alors que la vitesse est bien supérieure à celle nécessitée par le déplacement en masse, le fond demeure immobile, à moins qu'un tourbillon, un remous, ou le choc d'une vague ne vienne détruire la cohésion du sable tassé.

Lorsqu'un grain plus volumineux, gravier ou galet, roule sur un sol sableux non tassé, au-dessous de la première vitesse critique il peut être entraîné d'un mouvement continu, si ses dimensions permettent son déplacement ; les vitesses nécessaires sont, en effet, très différentes pour les grains isolés et pour les grains en masse. Entre les deux vitesses critiques, le grain plus gros s'immobilise au fond d'un ripple-mark. Enfin, au-dessus de la seconde vitesse critique, il sera de nouveau emporté d'un mouvement continu. *Au voisinage de la première vitesse critique, on assiste donc, fait paradoxal, à une diminution de la puissance de transport correspondant à une augmentation de la vitesse.*

(1) On pourrait penser, en voyant sur la plage des galets ou des graviers sur un fond sableux, que les galets ont été amenés là par la vague, les graviers par le courant, et expliquer ainsi l'imperfection du triage. Cette conclusion serait inexacte. L'imperfection du triage ne serait pas moindre si le courant agissait seul.

L'accroissement de la puissance de transport devient ensuite soudain et considérable, lorsque la seconde vitesse critique est dépassée.

Les filets d'eau qui divergent autour des blocs volumineux, des galets ou des graviers affouillent les sables au-dessous d'eux. Les blocs s'enfouissent peu à peu, jusqu'à disparaître complètement. Les galets, placés à la surface d'un sable non tassé parcourue par un courant, devront, ou être entraînés, ou être enfouis.

Déplacement habituel des sédiments côtiers dans le sens du flot. — Sur toutes les côtes, la durée du flot (t heures) est moindre que celle du jusant (t' heures). La différence ($t' - t$), qui est seulement de quinze minutes à Brest, atteint deux heures au Havre, au fond de la Baie de Seine. Comme la même masse d'eau, ou à peu près, est mise en mouvement par le flux et par le reflux, la vitesse moyenne du flot v et celle du jusant v' sont inversement proportionnelles à t et à t' ; on a $\frac{v}{v'} = \frac{t'}{t}$, le rapport $\frac{t'}{t}$ étant toujours supérieur à l'unité. De même, la vitesse maxima du flot v est égale à n fois la vitesse maxima v' du jusant, le nombre n étant toujours supérieur à l'unité. Aux vitesses notables, les dimensions des grains entraînés sont proportionnelles au carré de la vitesse ou même supérieures; les grains plus gros sont, en effet, souvent plus arrondis et, lorsque le sable est entraîné par le courant, les frottements des graviers et des galets contre le fond sont diminués et la puissance de transport se trouve augmentée. Les dimensions des grains entraînés par le courant maximum de flot seront au moins n^2 fois supérieures à celles des grains entraînés par le courant maximum de jusant. De même, la vitesse moyenne du flot étant supérieure à celle du jusant, les diamètres des grains entraînés à des moments correspondants seront supérieurs dans le cas du flot.

Les grains d'un rayon déterminé (supposés quartzeux ou calcaires, de densité 2,6 ou 2,7) seront déplacés à partir d'une certaine vitesse u . Si le courant v est plus rapide, ils se déplaceront avec une vitesse fonction de $v - u$. Si, par exemple, leur vitesse est proportionnelle à $v - u$, leur déplacement total sera représenté par la surface délimitée par la courbe des vitesses en fonction des temps et par la droite $v = u$.

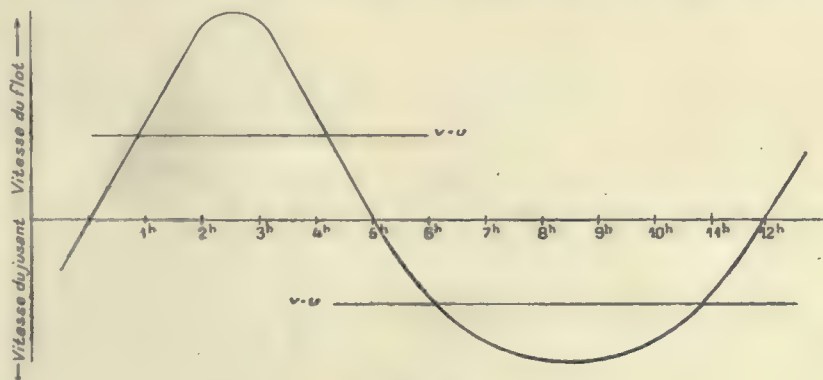


Fig. 6.

Or, comme on peut s'en rendre compte sur la figure 6, cette surface est plus grande dans le cas du courant de flux.

Ainsi, le diamètre maximum des grains entraînés par le flot est supérieur à celui des grains entraînés par le jusant; le flux emportera avec lui des galets que le reflux est impuissant à ramener. Pour les graviers plus fins ou les sables roulés, le déplacement

total dû au flux est presque toujours supérieur au déplacement total dû au jusant.

Quant aux grains en suspension, si les vitesses de chute étaient égales et les grains soulevés à la même hauteur, le flot $\frac{t'}{t}$ fois plus rapide que le jusant, mais durant $\frac{t'}{t}$ fois moins longtemps, déplacerait les grains d'une distance égale. Mais le flot, ascendant, retarde la vitesse de chute; le jusant, descendant, l'accélère. Les vagues elles-mêmes déferlent souvent avec plus de force à mer montante et soulèvent par suite les sables à une plus grande hauteur.

En résumé, *sur les rivages où la différence de durée entre le flot et le jusant est très notable et où aucun phénomène accessoire ne vient se surajouter, les sédiments côtiers chemineront dans le sens du courant le plus rapide, qui est presque toujours le courant de flot (1).*

Mode général de répartition des sédiments littoraux. — D'une manière plus générale, ainsi que l'a montré Vaughan Cornish, les mouvements de la mer, vagues, marées et même parfois courants, peuvent se schématiser comme la succession d'un mouvement rapide et court dans un certain sens et d'un mouvement plus lent et plus long dans le sens opposé. Puisque le diamètre maximum des grains transportés est proportionnel au carré de la vitesse, le diamètre maximum des grains transportables dans le sens du mouvement rapide sera de beaucoup supérieur à celui des grains entraînés dans le sens du mouvement lent. *Les plus gros grains déplacés seront transportés uniquement dans le sens du mouvement rapide.* Les plus petits seront quelquefois entraînés suivant la même direction; mais ils pourront tout aussi bien être emportés en sens inverse, et on assistera à ce phénomène en apparence paradoxal du *cheminement dans deux directions opposées des diverses parties constitutives d'un même sédiment sous l'action des mêmes mouvements de l'eau (2).*

Sur les côtes, les mouvements les plus réguliers et les plus importants sont les vagues et les marées, tous deux plus rapides lorsqu'ils se dirigent vers la terre; les éléments volumineux, galets, graviers, sables grossiers, vont se trouver par conséquent chassés contre la côte. Les grains les plus ténus, sables très fins, poussières minérales et argiles, finissent au contraire par subir l'action de la gravité qui les entraîne vers la mer à de plus grandes profondeurs; roulés sur le fond et surtout maintenus en suspension, ils peuvent, dans le mouvement de retour de l'eau vers le large, parvenir, grâce à leur vitesse acquise, en un point où la vitesse de l'eau dans son mouvement d'aller ne suffira plus pour les déplacer à nouveau. La succession probable des sédiments dans le cas le plus simple, où n'existe aucune cause perturbatrice, est la disposition en zones parallèles successives, avec élé-

(1) Le « gain de flot » a été très nettement observé par M. VAN MIERLO sur les côtes de la partie méridionale de la Mer du Nord (La carte lithologique de la partie méridionale de la Mer du Nord, *Bull. Soc. Belge de Géologie*, t. XIII, 1899, pp. 219-265 et Pl. XVI et XVII); mais l'explication donnée du phénomène est différente de la nôtre.

(2) Ce résultat est confirmé par l'observation. Ainsi, à Saint-Aubin, sur la côte du Calvados, les galets proviennent de la région de Port-en-Bessin; les galets, les graviers et les gros grains sableux de la plage cheminent tous de l'Ouest à l'Est, c'est-à-dire dans le sens du courant de flot. Parmi les grains sableux très fins, on trouve, par contre, quelque peu de glauconie, qui provient des affleurements cénomaniens situés à quelques kilomètres vers l'Est; quelques-uns des grains les plus fins peuvent donc être entraînés de l'Est à l'Ouest.

ments de moins en moins grossiers depuis la côte jusque vers le large, à des profondeurs croissantes.

La disposition schématique indiquée n'est souvent pas réalisée dans le détail. On remarquera, comme cause perturbatrice très fréquente, que les gros grains, graviers ou galets, peuvent très facilement s'enfouir sous un sable non tassé et demeurer indéfiniment en place, étant soustraits aux actions mécaniques. Que, à la suite d'un changement de conditions, le sable vienne à être enlevé par des courants incapables de déplacer les galets, ceux-ci apparaîtront sur le fond. C'est de cette façon que les graviers et galets du fond de la Manche, qui n'ont pas suivi la ligne de rivage dans son mouvement de recul, ont pu persister au large, mélangés à des débris de coquilles, à des grains minéraux fins et à des vases d'origine actuelle.

COURANTS D'AIR. GRAINS EN SUSPENSION

Dispositifs expérimentaux et mesures.

Expériences 22. — La durée de chute dans l'air de lames minces de muscovite clivée a été déterminée au cinquième de seconde à l'aide d'un compteur chronographe. Les lames, assez grandes pour être suivies pendant leur chute, tombaient d'une hauteur de 340 centimètres. Pendant leur descente, elles subissent de lentes oscillations avec beaucoup plus de facilité que lorsqu'elles tombent à travers l'eau. Comme la vitesse limite est atteinte dès un parcours de quelques décimètres, l'erreur ne doit pas dépasser 5 à 10 p. 100 dans les limites où nous nous sommes tenus.

FORME ET DIMENSIONS DE LA SURFACE	DENSITÉ DE LA LAME	ÉPAISSEUR DE LA LAME	VITESSE DE CHUTE
Carré de 2 centimètres de côté.....	2,86	0,0005	30
Rectangle de 2 × 3 centimètres.....	»	<i>Id.</i>	35
Rectangle de 1 × 2 centimètres.....	»	0,0007	45
Rectangle de 2 × 3 centimètres.....	»	<i>Id.</i>	50
Rectangle de 3 × 4 centimètres.....	»	<i>Id.</i>	50
Carré de 2 centimètres de côté.....	»	0,0011	70
Rectangle de 2 × 3 centimètres.....	»	<i>Id.</i>	75
Carré de 2 centimètres de côté.....	»	0,0016	80
Rectangle de 2 × 3 centimètres.....	»	<i>Id.</i>	85

Expériences 23. — Une seconde série d'expériences a été effectuée en se servant d'un dispositif analogue à celui utilisé pour l'étude des courants d'eau et à celui employé en dernier lieu par M. Thoulet (1) pour l'étude de la déflation.

Au fond d'un cylindre de verre est tendue une feuille de simili-parchemin. La par-

(1) THOULET, Analyse d'une poussière éolienne de Monaco et considérations générales relatives à l'influence de la déflation sur la constitution lithologique du sol océanique (*Annales de l'Institut océanographique*, t. III, fasc. 2, p. 4, 1911).

tie supérieure du cylindre est fermée par un bouchon bien luté, livrant passage à deux tubes : le plus petit, auquel est adapté un tuyau de caoutchouc, donne accès au courant d'air ; le plus grand, de diamètre connu (2,2 ou 1,3 cm.) sert de sortie au courant. L'air est fourni par une soufflerie ou une puissante trompe à eau. Le débit, qui peut être réglé par un robinet, et, par suite, la vitesse se déterminent en mesurant au cinquième de seconde le temps nécessaire pour remplir d'air, sur la cuve à eau, un récipient cubé. Les mesures sont répétées trois ou quatre fois avec des résultats identiques ; le courant obtenu est constant.

L'axe du plus grand tube a été placé bien verticalement. Des grains de colophane, de quartz ou de plomb, sont versés à travers l'orifice supérieur du tube. Certains sont chassés par le courant ; certains tombent sur la membrane de parchemin. En frappant celle-ci à petits coups, les grains sont envoyés à quelques centimètres de hauteur et, si leurs dimensions le permettent, ils sont aspirés par le courant d'air ascendant. Ils retombent sur une grande feuille de papier traversée par le tube vertical et dont les bords sont légèrement relevés. Leur diamètre moyen est déterminé au microscope ; il représente sensiblement le diamètre de grains maintenus en suspension, puisque les grains enlevés de bas en haut dans le tube vertical, lorsqu'ils sont lancés par la membrane de parchemin, ont tout d'abord été entraînés de haut en bas à cause de leur mélange avec des grains plus gros et à cause de la vitesse acquise avant leur entrée dans le tube (1).

Diamètres des grains sphériques, arrondis ou irréguliers, maintenus en suspension par un courant d'air vertical. Température de l'air, 20° ; pression, 755 millimètres de mercure :

(1) Dans certains cas où les grains à notre disposition n'étaient pas très nombreux, nous les avons disposés en séries de diamètre croissant. La vitesse du courant d'air était d'abord mesurée ; puis, après s'être rendu compte de la dimension probable des grains entraînés, les numéros voisins de la série étaient successivement essayés par ordre de grandeur croissante. La moyenne entre le diamètre du plus gros grain chassé par le courant et celui du plus petit grain tombant au fond du tube donne le diamètre du grain qui serait maintenu en suspension.

FORME DES GRAINS	NATURE DES GRAINS	DENSITÉ	DIAMÈTRE	VITESSE DU COURANT D'AIR
Sphères polies.....	Colophane.	1,076	0,008	13
—	—	»	0,014	45
—	—	»	0,034	150
—	—	»	0,058	250
—	—	»	0,100	400
—	—	»	0,148	530
—	—	»	0,212	670
—	—	»	0,300	825
—	—	»	0,403	960
—	—	»	0,496	1 070
—	Plomb.	11,300	0,134	1 680
Sphères ternies.....	Colophane.	1,076	0,028	105
—	—	»	0,140	400
—	—	»	0,325	620
—	Plomb.	11,300	0,147	1 400
—	—	»	0,891	1 700
Grains arrondis.....	Colophane.	1,076	0,010	25
—	—	»	0,019	70
—	—	»	0,031	110
—	—	»	0,062	210
—	—	»	0,121	325
—	—	»	0,170	400
—	—	»	0,257	495
—	—	»	0,356	590
—	—	»	0,493	710
—	—	»	0,591	780
—	Quartz.	2,650	0,002	5
—	—	»	0,006	25
—	—	»	0,013	80
—	—	»	0,026	160
—	—	»	0,043	250
—	—	»	0,070	355
—	—	»	0,094	440
—	—	»	0,138	555
—	—	»	0,198	665
—	—	»	0,273	805
—	—	»	0,335	900
—	—	»	0,394	985
—	—	»	0,421	1 050
—	—	»	0,476	1 110
—	Plomb.	11,300	0,030	460
—	—	»	0,052	650
—	—	»	0,066	750
—	—	»	0,089	935
—	—	»	0,117	1 115
—	—	»	0,168	1 335
—	—	»	0,225	1 560
—	—	»	0,271	1 760
Grains irréguliers.....	Colophane.	1,076	0,020	80
—	—	»	0,028	130
—	—	»	0,065	250
—	—	»	0,140	420
—	—	»	0,360	600
—	Quartz.	2,650	0,017	130
—	—	»	0,040	290
—	—	»	0,050	330
—	—	»	0,080	395
—	—	»	0,100	500
—	—	»	0,240	800

Expériences 24. — Pour étudier les lois de la suspension des lames de mica, les opérations ont été un peu différentes des précédentes. Les lames, d'épaisseur connue, toujours de faible superficie (dimension maximum 0,3 cm.), étaient placées sur la membrane de parchemin, que l'on frappait ensuite rythmiquement à petits coups. Le courant était graduellement augmenté, jusqu'à entraînement de quelques lamelles dans le tube vertical. Le débit et la vitesse étaient à ce moment mesurés.

Vitesses des courants d'air verticaux qui maintiennent en suspension ou entraînent des lamelles clivées de muscovite, d'épaisseur connue. Densité de la muscovite, 2,84. Température de l'air, 18° ; pression, 760 millimètres :

Épaisseur des lames.	Vitesse du courant.
0,006	140
0,029	320
0,060	450
0,370	1 110

Expériences 25. — Si l'on incline le tube, les grains, malgré les rebords qui peuvent être disposés, roulent le long du verre, viennent frapper les parois, s'y réfléchissent et sortent sans avoir été vraiment maintenus en suspension. Afin d'obvier à cet inconvénient, la surface intérieure du verre a été enduite de baume du Canada dissous dans le chloroforme et saupoudrée de calcite broyée, qui adhère au baume. Après évaporation partielle du chloroforme, un revêtement très rugueux et résistant, empêchant les grains de rouler ou de se réfléchir contre les parois, a été ainsi obtenu. Dans le cas où la calcite se serait détachée et mélangée aux grains entraînés, il eût été facile de la distinguer à sa forme et surtout à sa forte biréfringence.

Des grains de différentes dimensions, placés sur la membrane de parchemin et lancés par celle-ci, étaient aspirés par un courant ascendant, de vitesse connue, incliné de de 180°- γ sur la direction de la pesanteur. Le nombre des particules entraînées est toujours moindre que pendant les expériences précédentes. En comparant la colonne du tableau 23, relative à des courants verticaux, aux nombres du tableau 25, l'accord paraît satisfaisant ; les valeurs du diamètre semblent cependant légèrement plus faibles pour les expériences 25.

Diamètres ou épaisseurs des grains maintenus en suspension ou entraînés par des courants d'air ascendants inclinés d'un angle γ sur la verticale. Température de l'air, 19° ; pression, 755 millimètres.

FORME ET NATURE DES GRAINS	DENSITÉ	VITESSE du courant	DIAMÈTRES OU ÉPAISSEURS CORRESPONDANT AUX DIVERSES INCLINAISONS :				
			$\gamma = 0^\circ$	$\gamma = 30^\circ$	$\gamma = 45^\circ$	$\gamma = 60^\circ$	$\gamma = 75^\circ$
Sphères polies :							
Colophane.....	1,076	145	0,031	0,027	0,023	0,017	0,012
—	»	410	0,100	0,080	0,065	0,045	0,023
—	»	670	0,201	0,160	0,120	0,072	0,038
—	»	1,100	0,508	0,390	0,265	0,150	0,062
Grains arrondis :							
Colophane.....	1,076	110	0,029	0,025	0,023	0,014	0,011
—	»	410	0,175	0,140	0,100	0,060	0,027
—	»	715	0,480	0,390	0,280	0,135	0,054
Quartz.....	2,650	85	0,012	0,012	0,010	0,008	0,005
—	»	270	0,049	0,040	0,027	0,019	0,010
—	»	700	0,210	0,170	0,115	0,065	0,029
—	»	1,100	0,458	0,370	0,240	0,130	0,045
Plomb.....	11,300	650	0,050	0,039	0,030	—	—
—	»	1,200	0,125	0,100	0,070	0,040	—
—	»	1,750	0,255	0,210	0,140	0,075	0,028
Lames plan-parallèles :							
Muscovite.....	2,84	950	0,260	0,200	0,130	0,070	0,020

Discussion des résultats. Formules de calcul.

La discussion des résultats conduirait aux mêmes conclusions que dans le cas des courants d'eau relativement à l'effet de la vitesse et de l'inclinaison du courant, de la densité relative et de la forme des grains (1). Les sphères ternies se comportent d'une façon intermédiaire entre les sphères parfaites et les grains arrondis. Pour les grains irréguliers, les résultats sont assez inconstants ; aux petites vitesses, leurs diamètres moyens sont souvent beaucoup plus faibles que les diamètres de grains arrondis maintenus en suspension dans des conditions identiques.

Les mêmes formules de calcul demeurent applicables et les coefficients conservent à peu près les mêmes valeurs.

L'expression de l'épaisseur h ou du diamètre d reste :

$$h \text{ ou } d = \frac{a\sigma v^2 \cos^2 \gamma + \sqrt{b\eta g(\rho - \sigma) v \cos \gamma}}{g(\rho - \sigma)}$$

et la résistance de l'air est exprimée par la formule :

$$F = S(m\sigma V^2 + \sqrt{\eta\eta g(\rho - \sigma) V})$$

(1) Les sables de dunes, que nous avons utilisés, présentaient le plus souvent à leur surface des parties concaves donnant prise à l'air. On sait, en effet, que la résistance de l'air contre une surface concave est bien supérieure à sa résistance contre une surface convexe. C'est sur ce principe qu'est construit l'anémomètre du Dr Robinson ; l'inégalité de la résistance de l'air sur le côté concave et sur le côté convexe des hémisphères creux constituant les ailettes est telle que la vitesse avec laquelle se meut le milieu de chaque hémisphère est égale au tiers de la vitesse du vent, pour peu que les bras soient assez longs.

Sphères parfaitement polies, $a = 0,30$, $b = 18$, $m = 0,20$ et $n = 10$; *grains arrondis*, $a = 0,75$, $b = 16$, $m = 0,50$ et $n = 10$; *grains irréguliers*, $a = 0,75$, b compris entre 14 et 9, $m = 0,55$, $n = 6$ environ ; *lames plan-parallèles*, $a = m = 0,65$ et les valeurs de $b = n$, toujours très faibles, deviennent négligeables, lorsque la superficie de la lame est grande.

La viscosité de l'air η est légèrement inférieure à 2×10^{-4} aux températures ordinaires. Lorsque la température s'élève, la viscosité des gaz augmente légèrement, tandis que celle des liquides diminue. La viscosité de l'air à la température centigrade t est donnée approximativement par la formule :

$$\eta_t = 0,00017 (1 + 0,003 t).$$

Il faut remarquer que σ désigne la densité de l'air *in situ* en tenant compte de la température et de la pression.

GRAINS ROULÉS PAR UN COURANT D'AIR

Appareils et mesures.

On a employé le même appareil que dans le cas des courants d'eau. Les résultats demeurent imprécis ; le début du déplacement des grains est difficile à noter, et de minimes différences de forme exercent une influence considérable.

Lorsqu'une couche de sable a été placée dans le tube, nous avons remarqué, ainsi que pendant l'étude des courants d'eau, une première phase de déplacement des grains, qui se disposent de manière à aplanir la couche de sable et roulent avec assez de lenteur les uns au-dessus des autres. Un déplacement très rapide commence seulement lorsque les tourbillons, prenant naissance contre les parois, soulèvent, à la surface, quelques grains entraînés en suspension momentanée. La surface est toujours demeurée à peu près plane, et l'apparition de ripple-marks n'a jamais été notée ; les ripple-marks ne sont cependant pas rares sur les dunes, ils y sont aussi communs que sur le fond sablonneux des cours d'eau, que dans les estuaires et que sur les fonds marins soumis à l'action de courants rapides, de la houle ou des vagues.

Le déplacement de grains plus gros à la surface d'une couche de grains plus fins est très difficile à réaliser ; nous n'avons jamais pu l'obtenir ; le grain plus gros, dès qu'il s'immobilise, s'enfouit sous les grains plus fins.

Les grains qui servent aux expériences doivent être tenus bien secs. Pour peu qu'ils soient humides, le déplacement en masse devient plus difficile ou cesse complètement. Les grains isolés eux-mêmes, lorsqu'ils sont humides ou lorsque leur support est humide, roulent avec beaucoup plus de difficulté ; les actions des forces capillaires tendent à les maintenir immobiles.

Les mesures ont été reportées sur les tableaux suivants où les vitesses désignent les vitesses moyennes du courant. Rappelons que nous faisons toujours usage des unités C. G. S.

Expériences 26. — Vitesses minima des courants d'air capables de rouler des grains d'une forme déterminée sur une surface horizontale plus ou moins rugueuse : I surface polie (verre), II surface très peu rugueuse (verre dépoli), III surface rugueuse (lame de bois rugueuse).

FORME DES GRAINS	NATURE DES GRAINS	DENSITÉ	DIAMÈTRE	VITESSE DES COURANTS D'AIR :		
				I	II	III
Sphères polies.....	Colophane.	1,076	0,16	7	10	20
—	—	»	0,33	5	20	400
—	—	»	0,49	6	50	500
—	Plomb.	11,300	0,13	7	30	700
Sphères ternies.....	Colophane.	1,076	0,17	10	15	220
—	—	»	0,49	25	80	390
—	Plomb.	11,300	0,12	15	60	610
—	—	»	0,33	100	220	1 000
Grains arrondis.....	Colophane.	1,076	0,17	110	120	280
—	—	»	0,32	210	230	390
—	—	»	0,49	280	270	450
—	Quartz.	2,650	0,14	160	170	390
—	—	»	0,34	350	360	610
—	—	»	0,48	400	430	700
—	Plomb.	11,300	0,12	400	450	750
—	—	»	0,33	730	700	1 250
Grains anguleux.....	Colophane.	1,076	0,17	300	300	350
—	—	»	0,49	470	440	480
—	Quartz.	2,650	0,14	420	400	430
—	—	»	0,32	670	600	650
—	—	»	0,45	790	710	750

Expériences 27. — Pentes auxquelles commencent à rouler des grains de forme connue, sur un sol de nature déterminée, sol poli (verre), sol très peu rugueux (verre dépoli) ou sol rugueux (lame de bois rugueuse).

FORME DES GRAINS	PENTES MINIMA		
	Sol poli.	Sol peu rugueux.	Sol rugueux.
Sphères parfaites.....	0° 20'	2°	18°
Sphères ternies.....	1° 20'	3°	21°
Grains arrondis.....	13°	13°	29°
Grains anguleux.....	34°	30°	32°

Les expériences ont été effectuées sur des grains de quelques millimètres de diamètre; s'il s'agit de grains fins, les pentes doivent être plus fortes, surtout pour les grains anguleux.

Expériences 28. — Angle sous lequel s'éboule une masse de grains identiques quant à leur forme, à leurs dimensions et à leur densité :

Sphères parfaites.	Sphères ternies.	Grains arrondis.	Grains anguleux.
16°	25°	30°	37°

Quand les grains deviennent plus fins, les valeurs des angles diminuent légèrement.

Expériences 29. — Vitesses minima nécessaires au déplacement de grains en masse :
I déplacement de quelques grains superficiels, II déplacement plus rapide.

FORME DES GRAINS	NATURE DES GRAINS	DENSITÉ	DIAMÈTRE	VITESSES MINIMA :	
				I	II
Sphères polies.	Colophane.	1,076	0,150	200	—
—	Plomb.	11,300	0,150	700	—
Sphères ternies	Colophane.	1,076	0,150	200	—
—	Plomb.	11,300	0,150	750	—
Grains arrondis.	Colophane.	1,076	0,150	250	700
—	Quartz.	2,650	0,015	50	250
—	—	—	0,035	120	450
—	—	—	0,070	220	700
—	—	—	0,150	380	1 000
—	Plomb.	11,300	0,150	800	—
Grains anguleux.	Colophane.	1,076	0,150	300	800
—	Quartz.	2,650	0,070	250	800
—	—	—	0,150	500	—

Discussion des résultats. Formules de calcul.

Les conclusions doivent être analogues à celles obtenues pour les courants d'eau, et les mêmes restrictions doivent être apportées au résultat brut des expériences.

La même formule générale de calcul demeure applicable :

$$d = \frac{a\sigma v^2 + \sqrt{b\eta g(\rho - \sigma)v}}{g(\rho - \sigma)(k \cos \alpha + \sin \alpha)}$$

Comme précédemment, on remarquera la relation $\operatorname{tg} \beta = k$ où l'angle β désigne la pente minimum qui permette aux grains d'une forme connue de rouler sous l'action de la pesanteur sur un sol de nature déterminée. La tangente de l'angle d'éboulement d'un sable homogène donne la valeur de k qui correspond au déplacement de quelques grains superficiels à la surface de la couche de sable.

Les valeurs des coefficients a et b restent toujours les mêmes.

Pour les grains isolés, les valeurs de k demeurent voisines de celles obtenues dans l'étude des courants d'eau; elles paraissent souvent plus faibles, ce qui correspondrait à une légère diminution des frottements et des adhérences. Le peu de précision des expériences permet de supposer la presque identité de ces valeurs, qu'il s'agisse de courants d'air ou de courants d'eau.

Le déplacement des grains en masse semble relativement plus facile dans l'air en mouvement; en d'autres termes, les valeurs du coefficient k deviennent moindres. Tandis que l'eau exerce l'effet d'un lubrifiant et facilite les tassements et coincements des grains sableux, une couche de sable ne se tasse nullement sous l'action du vent; par suite, une longue phase d'arrêt ne succède pas au premier entraînement de quelques grains superficiels; mais, à une vitesse croissante, le déplacement continue ou, s'il a momentanément

ment cessé, recommence bientôt sur la surface aplanie, d'abord lent, plus rapide ensuite à une vitesse plus forte du courant. Des deux vitesses successives données dans le tableau 29 et des deux valeurs indiquées pour le coefficient k , seules la première vitesse et la première valeur du coefficient sont à peu près exactes; les secondes sont grossièrement approximatives, à cause de la difficulté de définir le début du déplacement rapide. Il est remarquable que les valeurs du coefficient k , relatives au début du déplacement des sables en masse sous l'action d'un courant d'air, coïncident très sensiblement avec les expériences de Sokoloff (1), effectuées en plein air, sur les dunes, en respectant les conditions naturelles, et coïncident également avec les valeurs relatives au premier déplacement de quelques grains superficiels à la surface d'un sable attaqué par un courant d'eau (0,50 et 0,65 au lieu de 0,50 et 0,70).

Nous avons trouvé pour k les valeurs suivantes (C. G. S.) :

	$k =$
Sphères polies sur sol poli.....	0,005
— sur sol très peu rugueux.....	0,03
— sur sol rugueux.....	0,30
— sur sphères identiques.....	0,25
Sphères ternies sur sol poli.....	0,02
— sur sol très peu rugueux.....	0,05
— sur sol rugueux.....	0,35
— sur sphères identiques.....	0,40
Grains arrondis sur sol poli.....	0,20
— sur sol très peu rugueux.....	0,20
— sur sol rugueux.....	0,50
— sur grains identiques (début du déplacement en masse).....	0,50
— en masse, déplacement rapide.....	3,00
Grains anguleux sur sol poli.....	0,60
— sur sol très peu rugueux.....	0,50
— sur sol rugueux.....	0,55
— sur grains identiques (début du déplacement en masse).....	0,65
— en masse, déplacement rapide.....	4,00

Les valeurs précédentes s'appliquent à des grains secs; plus les grains sont humides, plus elles augmentent. Le déplacement en masse devient impossible lorsque la quantité d'eau maintenue entre les grains dépasse une certaine valeur. Les sables et les poussières qui se rencontrent dans la nature contiennent toujours une proportion plus ou moins considérable d'humidité, variable suivant l'état hygrométrique de l'air et suivant la nature de l'échantillon. L'hygrométrie est accrue lorsque la quantité de sels hygrométriques augmente dans l'échantillon, ou lorsque, les grains devenant plus petits, le rapport de leur surface à leur volume augmente. M. Thoulet (2) a trouvé qu'à Nancy, par temps humide et froid, une vase marine très calcaire peut absorber jusqu'à 24 p. 100 de son poids d'humidité et jusqu'à 4,2 p. 100, lorsqu'elle a été débarrassée de tous les sels solubles qu'elle contenait. L'enlèvement en masse par le vent des sables de plage, même en apparence secs, se produira avec beaucoup plus de difficulté que celui des sables de dunes, délavés par les eaux de pluie, et il sera d'autant plus difficile à réaliser que le grain

(1) VENUKOFF, Sur les résultats recueillis par M. Sokoloff, concernant la formation des dunes (*Comptes rendus Acad. Sciences*, t. C, p. 472, (1) 1885).

(2) THOULET, Précis d'analyse des fonds sous-marins actuels ou anciens, pp. 80 et 81, Paris, 1907.

du sable sera plus fin. On voit souvent, sur la plage, les sables moyens entraînés par le vent, alors que les sables très fins, souvent mélangés, il est vrai, d'un peu d'argile qui augmente leur cohésion, demeurent immobiles. De même l'enlèvement des poussières se produira à des vitesses bien supérieures à celles qui pourraient être déduites de nos expériences, parce que les grains pulvérulents sont très hygrométriques.

COURANTS D'AIR. CONCLUSIONS.

Quelques conclusions peuvent se déduire des résultats relatifs à la puissance de transport des courants d'air (1).

Poussières éoliennes. Leur rôle dans la sédimentation océanique. — Les poussières véhiculées par l'atmosphère peuvent, selon leur origine, être réparties en six catégories :

1° *Poussières cosmiques*, poussières solaires excessivement ténues, chassées par la pression de radiation, et fragments de météorites, à structure fréquemment chondritique et de dimensions variables ;

2° *Poussières volcaniques*, parfois très fines, lancées par les explosions volcaniques ;

3° *Poussières de foyers*, entraînés par les gaz chauds ascendants, cendres, noir de fumée et sphérules magnétiques analogues aux chondres d'origine cosmique, mais beaucoup plus nombreux que ces derniers, surtout au voisinage des régions industrielles ;

4° *Poussières d'évaporation*, cristaux de NaCl et de quelques autres sels provenant de l'évaporation des embruns ;

5° *Poussières organiques*, frustules de Diatomées ou débris de cellules animales ou végétales emportés par le vent ;

6° *Poussières du sol*, roches ou minéraux de diverses dimensions, soulevés par les courants d'air ascendants.

La vitesse de chute des plus fines poussières est très faible ; entièrement indépendante de la densité de l'air, elle est fonction seulement de sa viscosité. Comme la viscosité des gaz reste la même quelle que soit la pression et diminue très légèrement lorsque la température décroît, la diminution de viscosité, uniquement due à l'abaissement de la température, n'atteint pas une importance extrême aux grandes altitudes où l'air se raréfie. Cette diminution a pour effet d'augmenter la vitesse de chute ; par contre, l'accélération de la pesanteur g , à laquelle la vitesse limite de chute est proportionnelle, décroît, très faiblement il est vrai, aux altitudes de quelques kilomètres ou de quelques dizaines de kilomètres atteintes par les poussières atmosphériques. Les deux actions se compensent en partie et la vitesse de chute des particules les plus fines est presque identique aux grandes altitudes ou au voisinage du sol (2). Un grain d'un millième de

(1) L. SUDRY, Sur l'importance et le rôle des poussières éoliennes (*Comptes rendus de l'Académie des sciences*, t. CLIV, p. 397, 5 février 1912).

(2) E. VAN DER BROEK (*Bull. Soc. belge de Géologie*, etc., 13^e année, 1899, t. XIII, fasc. 3, procès-verbaux, p. 35) cite les calculs de FERREL, d'après lesquels la vitesse de chute des corpuscules ultra-microscopiques en atmosphère tranquille serait de 0,3 centimètre par minute au niveau de la mer, par 760 millimètres de pression, et seulement de

millimètre de diamètre et de densité comprise entre 2,5 et 3,0 descendra en atmosphère tranquille de 2 kilomètres par an seulement (1). La chute de grains relativement volumineux de 1 centième de millimètre ne dépassera pas 600 mètres par jour. On comprend pourquoi, par temps sec, l'air est toujours chargé de poussières en suspension, et pourquoi certaines poussières fines, lancées à une extrême hauteur, demeurent dans l'air pendant plusieurs années, comme celles du Krakatau. De même l'air, surtout au voisinage de la mer, est chargé de cristaux microscopiques de chlorure de sodium; les gouttelettes liquides, arrachées par le vent aux embruns, abandonnent en effet, en s'évaporant, un petit cristal de sel dont la vitesse de chute est négligeable et qui obéit à tous les mouvements de l'air.

Les fines particules en suspension dans l'atmosphère servent de centre aux gouttelettes liquides et sont entraînées par la pluie. Au voisinage des villes industrielles, l'eau de pluie renferme souvent un peu de noir de fumée. Toujours notable, principalement près des côtes, la proportion de chlorure de sodium atteint parfois plusieurs grammes par litre d'eau de pluie; s'il est vrai que les eaux douces salent la mer, il ne faut pas oublier qu'un apport continu de sels a lieu des océans vers les continents par l'intermédiaire du vent; pour cette raison et pour plusieurs autres, *toute hypothèse sur l'accroissement de salure des mers depuis les plus anciennes périodes géologiques semble devoir manquer de bases précises.*

Ainsi, la clarification de l'atmosphère paraît due davantage à la pluie qu'à la chute lente des fines poussières elles-mêmes. Aitken (2) a compté dans un centimètre cube d'air 130 000 particules par beau temps, 32 000 seulement après la pluie, 1 860 000 au milieu d'une chambre et 5 420 000 au plafond vers lequel se dirigent les courants ascendants produits par le chauffage. Au-dessus des océans, au voisinage des côtes, les poussières sont encore nombreuses (3); elles deviennent rares au large. Tandis que, sur terre, les matériaux tombés sur le sol peuvent être repris par le vent, les poussières tombées à la surface de l'eau vont se joindre aux autres sédiments ou encore se dissolvent, soit en totalité, soit en partie, pendant leur trajet. *L'apport des poussières éoliennes les plus ténues s'étend indiscutablement à toute la surface des océans; mais ces matériaux ne peuvent contribuer d'une façon importante à la sédimentation que près des côtes, dans les régions où les vents dominants soufflent de terre et où la profondeur n'est pas très considérable.* Au large, au-dessus des fosses océaniques, les apports sont extrêmement réduits; de plus, les particules, assez ténues pour être transportées pendant des milliers de kilomètres à travers les couches moyennes et supérieures de l'atmosphère, ont une vitesse de chute négligeable dans l'eau, si bien que seule parvient au fond une minime quantité d'argile

0,1 centimètre à l'altitude de 20 kilomètres. Ces nombres diffèrent de ceux que nous pouvons donner; mais l'ordre de grandeur demeure le même.

(1) Le grain est supposé arrondi. S'il était anguleux, sa vitesse de chute serait plus forte.

(2) AITKEN, in J. R. PUMANDON, IV^e Congrès d'hydrologie, de Climatologie et de Géologie, tenu à Clermont-Ferrand en 1896, pp. 381-400 du compte rendu de la session.

(3) W.-P. (Poussière atmosphérique recueillie en mer, *Ciel et Terre*, 16 février 1901) rapporte que les poussières retenues par les voiles et tombées sur le pont d'un navire américain, recueillies trois fois par jour pendant un voyage de trois mois de New-York à San-Francisco, avaient suffi pour remplir 24 barils. Elles ne provenaient évidemment pas en totalité du matériel du bord.

rouge, produit de dissolution, d'oxydation et d'attaque lente par l'eau de mer; une exception doit être faite cependant pour les globules cosmiques, de dimensions quelconques, et pour les minéraux d'un ou plusieurs centièmes de millimètre de diamètre, lancés par les volcans à une extrême hauteur et demandant par suite, avant de descendre au niveau de la mer, un temps assez long pour pouvoir être transportés à des distances considérables malgré leur vitesse de chute notable.

Lorsqu'une particule solide passe de l'atmosphère dans l'océan, elle entraîne avec elle une pellicule gazeuse. On a voulu trouver dans ce fait la cause de l'aération des couches d'eau profondes. Mais le coefficient de solubilité de la pellicule gazeuse, soumise à des pressions croissantes, augmente si vite que, tout au moins pour les particules très fines, la dissolution des gaz est complète après un parcours de quelques dizaines de mètres à travers l'eau. La quantité d'un gaz dissoute dans l'eau de mer est réglée par la pression propre de ce gaz à la surface de l'océan; le gaz dissous se transmet par diffusion avec une extrême lenteur depuis les couches superficielles jusqu'aux couches profondes.

Les poussières arrachées au sol par le vent ne sont pas toujours ténues; elles comprennent des sables, des graviers et même de petits galets. Les simples sables possèdent des dimensions telles que les vents ordinaires, glissant sur des surfaces presque horizontales, sont impuissants, quelle que soit leur vitesse, à en assurer le transport ascensionnel.

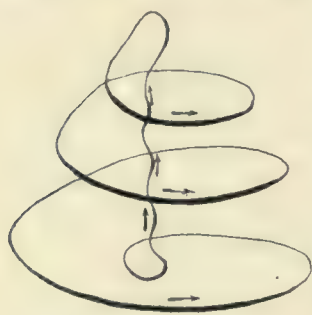


Fig. 7.

Les courants aériens habituels, s'ils sont ascendants, maintiennent en suspension seulement des particules d'une finesse extrême et, s'ils sont descendants, hâtent la chute des poussières. Par contre, dans les tourbillons tels que les mouvements cycloniques et surtout les trombes qui causent les bourrasques de nos climats, un courant ascendant rapide correspond à la région centrale de dépression barométrique. Au centre du tourbillon (fig. 7), l'air s'élève presque verticalement d'un mouvement hélicoïdal; puis, parvenu à une certaine hauteur, il se déverse du centre à la périphérie et redescend en lentes spirales vers la base.

La composante verticale d'un courant ascendant importe seule quant au maintien de corpuscules en suspension; au centre d'une trombe, cette composante prend une valeur suffisante pour le transport, non seulement de sables, mais même de graviers et de cailloux volumineux. Les dimensions maxima des grains soulevés et entraînés sont faciles à calculer approximativement. Une vitesse constante (1) de 30 mètres par seconde est rarement dépassée; l'inclinaison sur la verticale variant de 10° à 45° , le diamètre des grains entraînés par ce vent de tempête variera entre 2,5 et 1,5 centimètres, pour des roches de densité comprise entre 3,0 et 2,5; or, les cailloux les plus volumineux dont on ait observé la chute présentaient un diamètre moyen de 1,7 centimètre environ.

Les sables facilement soulevés par temps sec suivent l'air dans son mouvement; entraînés suivant l'axe du tourbillon, ils s'élèvent, puis redescendent en spires vers la base.

(1) Une vitesse de 50 mètres par seconde d'un courant d'air presque vertical aurait été observée; il est douteux qu'une telle vitesse se maintienne longtemps; sa valeur doit promptement redescendre à 40 ou 30 mètres, ce qui correspond encore à un ouragan d'une extrême violence.

S'il s'agit de graviers ou de galets denses ou volumineux, comme la densité de l'air diminue lorsqu'on s'élève, un équilibre temporaire a lieu à une certaine altitude; à la moindre diminution de vitesse ou augmentation de l'inclinaison, la chute commence et, comme l'axe de la trombe ne coïncide pas absolument avec la verticale, elle se continue jusqu'au sol. Si les grains demeurent en suspension pendant une longue durée et si le tourbillon est emporté à une vitesse rapide par un grand courant aérien, le transport peut s'effectuer à une distance de plusieurs milliers de kilomètres; des observations nombreuses et précises montrent qu'il en est bien ainsi en réalité (1). Certaines chutes de particules éoliennes se rapportent même à des graviers ou à de petits galets; dans ce dernier cas, le trajet ne dépasse sans doute pas quelques centaines ou quelques dizaines de kilomètres; s'il a souvent été exagéré, la faute en est due à une détermination inexacte du lieu d'origine des échantillons recueillis (2).

A cause de leurs dimensions et de leur poids, les sables et les graviers déposés par le vent à la surface de l'eau descendent avec une rapidité suffisante pour que les phénomènes de dissolution et d'attaque n'aient pas le temps de s'exercer pendant leur chute à travers l'eau; la majeure partie d'entre eux concourt à la sédimentation. *Le transport des sables par les mouvements giratoires de l'atmosphère intervient ainsi pour une large part dans la formation des sédiments de certaines régions océaniques sur la trajectoire de vents réguliers qui véhiculent de fréquents tourbillons originaires de contrées sèches et sablonneuses ou volcaniques. Dans ce cas seulement, la sédimentation éolienne océanique acquiert quelque importance et s'exerce jusqu'à de grandes profondeurs; mais elle est alors localisée.*

Augmentation de la puissance de transport du vent au voisinage d'un sol accidenté. — Les courants aériens soufflent le plus souvent suivant des plans horizontaux. Il n'en est pas toujours ainsi au voisinage du sol, à cause des remous. Si le vent horizontal rencontre une pente qui fait obstacle à son mouvement, il se réfléchit; les filets réfléchis interfèrent avec les filets directs et l'ensemble constitue un courant ascendant de direction parallèle à la pente. *Les accidents du sol facilitent donc, en temps ordinaire, l'enlèvement des sables*

(1) Les poussières volcaniques, lancées à une extrême hauteur, sont entraînées, comparativement à leur diamètre, à de plus grandes distances que les poussières ordinaires. Les cendres les plus fines du Krakatau, projetées à une altitude évaluée à 20 kilomètres, ont fait plusieurs fois le tour de la Terre.

Les chutes de cendres, poussières, sables ou graviers, ont été très souvent notées, et nous ne pouvons que renvoyer aux Traités de Géologie de A. DE LAPPARENT (5^e édit., t. I, p. 139) et de W. VON GUMBEL (p. 287, Kassel, 1878), à l'ouvrage très complet de M. J. R. PLUMONDON (IV^e Congrès d'Hydrologie, de Climatologie et de Géologie à Clermont-Ferrand), ainsi qu'aux notes de MM. VAN DER BROEK (Les poussières africaines. Les pluies de sang et la mer des ténèbres, *Bull. Soc. belge de Géologie*, t. XVI, 1902, p. 538 et suiv.); TAQUIN (Pluies de sable aux Canaries, *Id.*, p. 540); PAUL CHOFFAT (Pluie de poussière brune en Portugal, *Id.*, p. 530); STANISLAS MEUNIER (Pluie de pierrailles observée dans le département de l'Aube en 1891 et dont les matériaux conservés au Muséum consistent en fragments, de 2 centimètres cubes en moyenne, d'un calcaire dont on trouve un gisement à 150 kilomètres de distance); LORTET (Chute de Crustacés Ostracodes fossiles observée à Oullens, près de Lyon... [*Comptes rendus Acad. Sciences*, séance du 26 déc. 1898]); LOUIS ROLLIER (Sur une pluie de petits cailloux de quartz... [*Actes de la Soc. Helvét. des Sciences nat.*, 90^e session, à Fribourg, vol. I, conférences et procès-verbaux des séances, p. 248, 1907]), etc.

(2) C'est ainsi que les Ostracodes fossiles, tombés à Oullens près de Lyon, ont d'abord été déterminés par M. LORTET comme des *Cypridinia* devant provenir d'Égypte; mais peu après, M. R. TOURTAU (*Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, séance du 27 février 1899) établissait, par des raisons géologiques et météorologiques péremptoires, que ces Ostracodes ne pouvaient avoir le Nord de l'Afrique comme région d'origine; leur lieu de provenance, difficile à préciser, était probablement beaucoup plus proche.

et des poussières; ils favorisent le plus souvent le transport des grains roulés, ainsi qu'on peut s'en rendre compte d'après les formules de calcul. De même que les grains, soit en suspension, soit roulés, se disposent de manière à offrir au courant la plus grande surface possible, permettant au fluide le maximum d'action, de même les amas de sables qui constituent les dunes prennent la forme qui permet au vent d'exercer son effet maximum.

Caractéristiques des sédiments éoliens continentaux. — Les poussières éoliennes qui tombent à la surface de la mer ont rarement été roulées; elles conservent le plus souvent des formes anguleuses. Les sables des dépôts éoliens continentaux sont sans cesse au contraire remis en mouvement; ils s'arrondissent par usure et polissages réciproques.

L'uniformité du diamètre moyen paraît aussi une caractéristique nécessaire des dépôts éoliens; les grains plus gros sont enfouis, les plus ténus enlevés et transportés au loin. La rareté relative des ripple-marks à la surface de certaines dunes est due à la parfaite uniformité de grosseur et de densité du sable de ces dunes; les rides ne se forment en effet avec facilité que si des grains plus fins sont mélangés au sable. Au triage exercé par les courants d'air s'oppose le triage très imparfait exercé par les courants d'eau. Ainsi les limons, à la fois riches en quartz et en calcaire et contenant toujours plus ou moins d'argile, ne peuvent pas avoir une origine éolienne; ils ont tous les caractères physiques de dépôts de ruissellement et semblent bien résulter de l'altération sur place des roches du pays, avec remaniement par les averses. Les grains des limons examinés par nous au microscope sont anguleux et non arrondis; la teneur en calcaire dosée dans le « fauvet » non décalcifié par les eaux superficielles reste la même que celle des alluvions des ruisseaux et des fleuves voisins (1).

Les divers bancs qui constituent une dune se disposent suivant des surfaces courbes grossièrement parallèles entre elles tant que la dune demeure en place et présentant une certaine discordance lorsque des dunes différentes se succèdent en un même point. La disposition des bancs successifs, assez particulière, n'est pas exactement la même que dans le cas de dépôts fluviaux ou marins à stratification entrecroisée.

La sphéricité des éléments, l'uniformité du grain et enfin une stratification entrecroisée particulière, tels sont donc les trois caractères essentiels des dépôts éoliens continentaux. Chacun de ces caractères pris isolément peut s'appliquer à d'autres sédiments; mais leur coexistence permet, en l'absence de fossiles, d'énoncer de fortes présomptions en faveur de l'origine éolienne d'une roche.

(1) L'origine des limons continue à être très discutée et les arguments invoqués de part et d'autre semblent probants, si bien que l'on peut se demander si ces limons n'ont pas, suivant les régions ou les localités, des origines diverses. Les quelques échantillons recueillis par nous dans le Calvados et analysés ensuite nous ont toujours paru être des dépôts de ruissellement.

L'origine éluvienne du loess apparaîtrait certaine d'après l'étude faunistique de M. GERMAIN (*Archives Museum*, Lyon, 1911). Entre autres résultats importants au point de vue géologique, M. Germain a définitivement établi que la faune du loess est une faune terrestre de régions forestières et humides, ce qui est en contradiction complète avec les conditions d'un transport éolien.

La théorie de l'origine éolienne a, par contre, de nombreux défenseurs elle aussi. On trouvera dans le *Traité de Géologie* de M. HAUG (t. II, fasc. 3, p. 1765, 1911), toute une série d'arguments lithologiques, stratigraphiques et faunistiques en sa faveur.

Le criterium de la stratification entrecroisée a souvent été invoqué seul pour établir l'origine éolienne de dépôts non fossilifères. M. Edward Kindle (1) critique avec justesse les conclusions trop absolues de M. Grabau (2) pour qui l'absence de fossiles et la stratification entrecroisée indiquent un dépôt continental. Aux arguments présentés dans cette critique, il conviendrait d'ajouter que l'uniformité des éléments constitutants et souvent leur usure, lorsque les frottements ont pu s'exercer, sont les caractéristiques nécessaires des formations éoliennes continentales; leur coexistence fournira de fortes présomptions qui seront confirmées d'une façon indiscutable seulement par la présence de fossiles terrestres ou d'eau douce.

SOMMAIRE

Le présent travail a pour but l'étude expérimentale de la puissance de transport des courants d'eau et des courants d'air.

Grains en suspension. — La valeur d du diamètre ou de l'épaisseur d'un grain de densité ρ , maintenu en suspension dans un fluide de densité σ animé d'une vitesse ν suivant une direction inclinée d'un angle de $180^\circ - \gamma$ sur celle de la pesanteur, est donnée très sensiblement par l'expression:

$$d = \frac{a\sigma\nu^2 \cos^2 \gamma + \sqrt{b\eta g(\rho - \sigma)\nu \cos \gamma}}{g(\rho - \sigma)}$$

Dans cette formule, a et b sont des coefficients qui dépendent de la forme des grains :

Diamètre de sphères parfaites polies,	$a = 0,30$;	$b = 18$	(C. G. S.).
Diamètre moyen de grains arrondis,	$a = 0,75$;	$b = 16$	(C. G. S.).
Diamètre moyen de grains irréguliers,	a compris entre 0,8 et 1,1 ;	b compris entre 18 et 9	(C. G. S.).
Épaisseur de plans minces à grande superficie,	$a = 0,65$;	b négligeable.	(C. G. S.).

g désigne l'accélération de la pesanteur ;

η représente la viscosité du fluide ; celle des liquides diminue rapidement lorsque la température s'élève ; celle des gaz, indépendante de la pression, augmente très légèrement à des températures croissantes.

La viscosité des eaux de mer est à peine différente de celle des eaux douces.

La puissance de transport est notablement augmentée lorsque le fluide se charge de sables ou de poussières.

Le rapport du diamètre maximum des grains entraînés par un courant d'eau argileuse, dont la densité présente un excès de n sur celle de l'eau pure, au diamètre maximum des grains entraînés dans les mêmes conditions par un courant d'eau pure est égal à $(1 + 50 n^2)$.

(1) EDWARD KINDLE, Cross-bedding and Absence of Fossils considered as Criteria of Continental Deposits (*Americ. Journ. of Science*, 4th series, t. XXXII, pp. 225-230, 1911).

(2) GRABAU, Physical and Faunal Evolution of North America during Ordovician, Silurian and early Devonian Time (*Journ. Geology*, vol. XVII, pp. 211-212, 1909).

Grains roulés. — Le diamètre des grains roulés sur le fond de manière à remonter une pente α est donné avec une approximation passable par la formule générale :

$$d = \frac{a\sigma v^2 + \sqrt{b\eta g (\rho - \sigma) v}}{g (\rho - \sigma) (k \cos \alpha + \sin \alpha)}.$$

Si les grains descendent la pente, l'angle α est négatif.

Les coefficients a et b conservent les mêmes valeurs que dans le cas de grains en suspension.

k est un coefficient de frottement et d'adhérence, fonction de la rugosité et de la forme des grains et du sol.

Si les grains sont roulés en masse, la formule générale peut être conservée, à la condition de donner à k des valeurs convenables, fonctions de facteurs complexes.

Les valeurs de k ont été données dans les tableaux des pages 42 et 59; les grains irréguliers roulent avec le plus de facilité, non sur une surface polie, mais sur un sol légèrement rugueux, tel qu'un sable fin; le déplacement en masse est un phénomène très compliqué et, dans ce cas, la plus grande prudence doit être apportée dans l'emploi de toute formule mathématique ou dans l'application des résultats expérimentaux.

Applications. — Les résultats obtenus permettent les remarques suivantes.

Les fines poussières que l'air contient en nombre incalculable mettraient plusieurs mois à descendre de quelques kilomètres si le phénomène des pluies n'accélérait leur chute. Un entraînement continu de sels marins a lieu des océans vers les continents par l'intermédiaire du vent, et toute hypothèse sur l'accroissement de salure des mers depuis les plus anciennes périodes géologiques est bien peu certaine. L'apport des poussières les plus ténues, volcaniques ou arrachées aux roches continentales, s'étend à la surface entière des mers, sans contribuer pourtant d'une façon importante à la sédimentation.

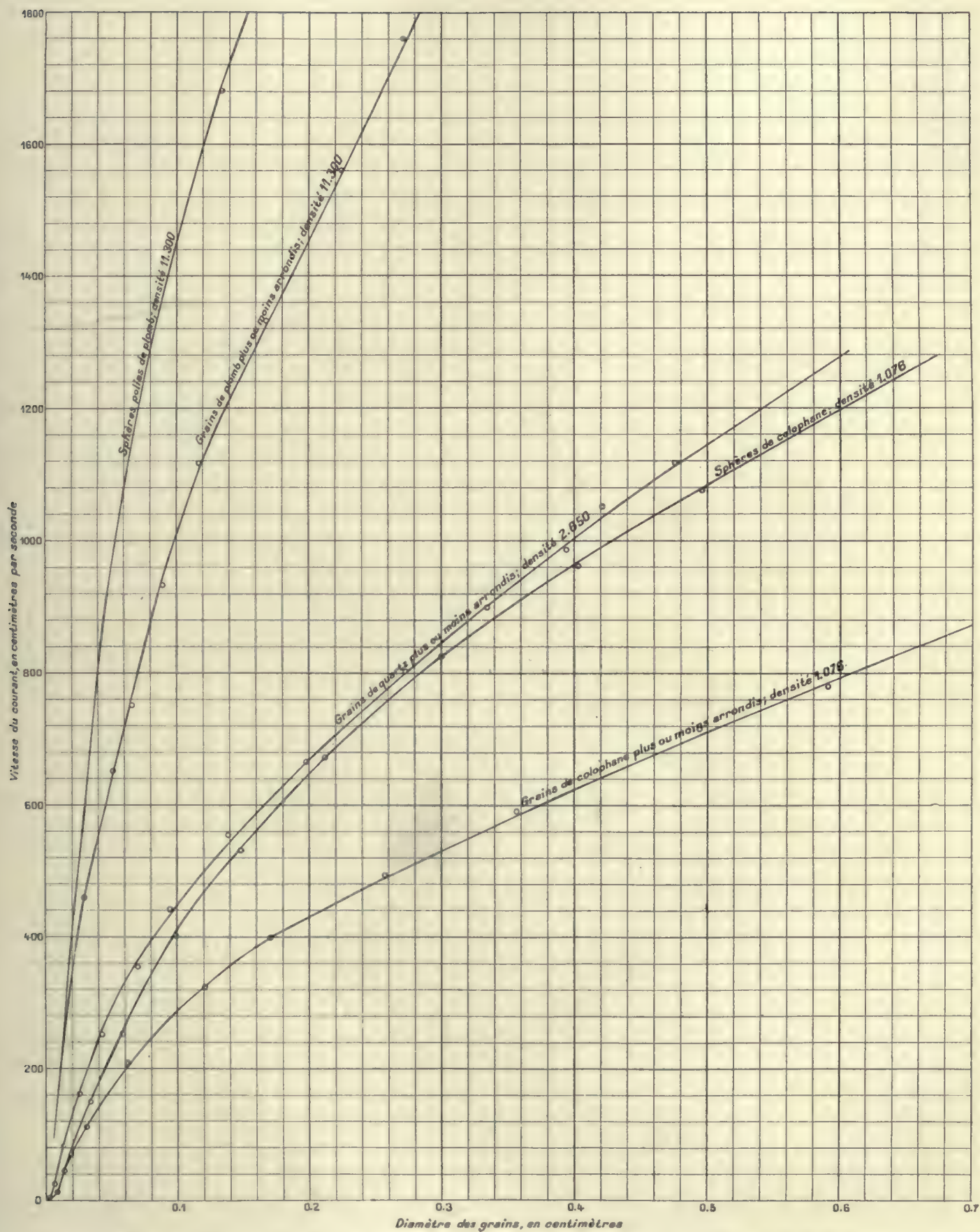
L'argile rouge des grands fonds océaniques nous apparaît comme le résidu de dissolution, d'altération et d'oxydation des poussières cosmiques ou éoliennes, principalement volcaniques, ainsi que des petits organismes pélagiques.

L'hypothèse de Murray, de la dissolution partielle ou totale du carbonate de chaux des Foraminifères pélagiques pendant leur chute à travers l'eau, reste très plausible, mais non prouvée sans conteste.

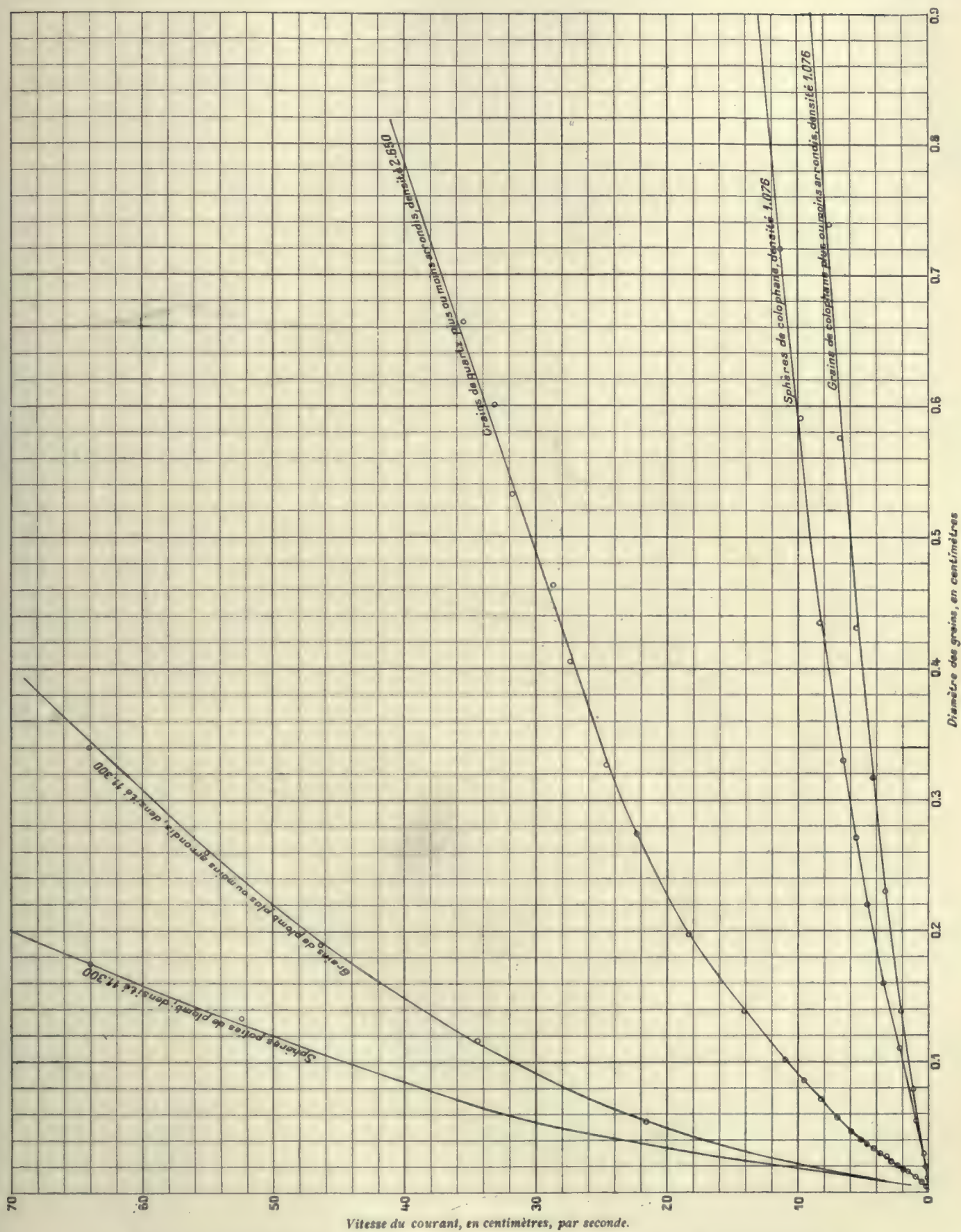
Seuls les courants ascendants, tourbillons ou remous, peuvent soulever les sédiments; les courants horizontaux ne peuvent que les rouler sur le sol ou les entraîner pendant leur chute.

Le transport à travers l'air de sables ou de graviers est lié à l'existence dans l'atmosphère de mouvements tourbillonnaires tels que les trombes. Sur le trajet de ces tourbillons venus de contrées sèches ou volcaniques, les apports éoliens activent les progrès de la sédimentation sous-marine; mais le phénomène est localisé à quelques régions de l'océan situées dans des conditions favorables.

Le transport de grains en suspension dans les tourbillons des cours d'eau a été rare-



GRAINS EN SUSPENSION DANS UN COURANT D'AIR VERTICAL à la pression 755 mm. et à la température 20°.



GRAINS EN SUSPENSION DANS UN COURANT D'EAU VERTICAL, à la température de 10°.

ment observé, mais doit certainement se produire, car on sait le rôle de ces tourbillons dans le travail érosif des eaux courantes.

Un courant ascendant, capable de soulever une masse de sable, pourra être impuissant à soulever des grains isolés de ce sable.

La durée de chute d'un corps et la puissance de transport d'un courant subissent une augmentation extrêmement importante, lorsqu'il s'agit d'eaux de plus en plus argileuses. Les limons d'alluvionnement devront être inhomogènes, à la fois sableux et argileux ; les vases marines, homogènes et souvent des argiles pures ; les sables éoliens, homogènes et sans trace d'argile.

La relation entre le diamètre d'un grain roulé et la vitesse du courant qui l'entraîne dépend d'un nombre de facteurs si élevé que l'on ne peut donner, des diamètres en fonction des vitesses, une série de tableaux applicables à tous les cas.

L'uniformité du grain caractérise les dépôts éoliens. Le mélange d'éléments de grosseurs très différentes est caractéristique des sédiments transportés par les courants d'eau ; les graviers, les galets ou les blocs, qui, sans l'interposition de sable, demeureraient immobiles dans l'eau en mouvement, se déplaceront s'ils sont mélangés à des grains plus fins.

Les graviers, galets ou blocs, à la surface d'une couche de sable, seront toujours enfouis sous l'action d'un courant d'air. Sous l'action d'un courant d'eau, ils seront tantôt enfouis, tantôt déplacés. Dans ce dernier cas, si le sable est susceptible de former des ripple-marks, au voisinage d'une première vitesse critique, une augmentation de vitesse cause une diminution de la puissance de transport ; au-dessus d'une seconde vitesse critique, la puissance de transport s'accroît soudain d'une valeur considérable.

Les dépôts éoliens tendront généralement à se diriger vers les centres des grands mouvements giratoires de l'atmosphère.

En mer, la plupart des mouvements peuvent se ramener à la succession d'un mouvement rapide et court dans un certain sens, et d'un mouvement lent et long dans le sens opposé. Les sédiments les plus grossiers chemineront dans la direction du mouvement rapide ; les plus fins pourront cheminer en sens inverse. Près des rivages, les éléments volumineux seront rejetés du côté de la terre ; les plus ténus seront entraînés vers le large. Sur les points de la côte où la différence de durée entre le flux et le reflux est considérable et où aucun courant important ne contrarie les courants de marée, les sédiments doivent suivre la direction du flot.

Les grains s'orientent de manière à permettre à la résistance de l'air ou de l'eau d'exercer son effet maximum. Ils tombent de façon à présenter la plus grande surface horizontale possible, et ce phénomène est en rapport avec la disposition des sédiments en feuillets. Les galets roulés s'orientent transversalement au courant et permettent par suite, lorsqu'on les rencontre dans les sédiments géologiques, de reconnaître la direction

du cours d'eau qui les a déposés ou celle des vagues, à peu près normale à la côte, s'il s'agit de sédiments marins. La disposition des sables en dunes est aussi celle qui favorise la production de courants ascendants et de remous facilitant le déplacement des grains.

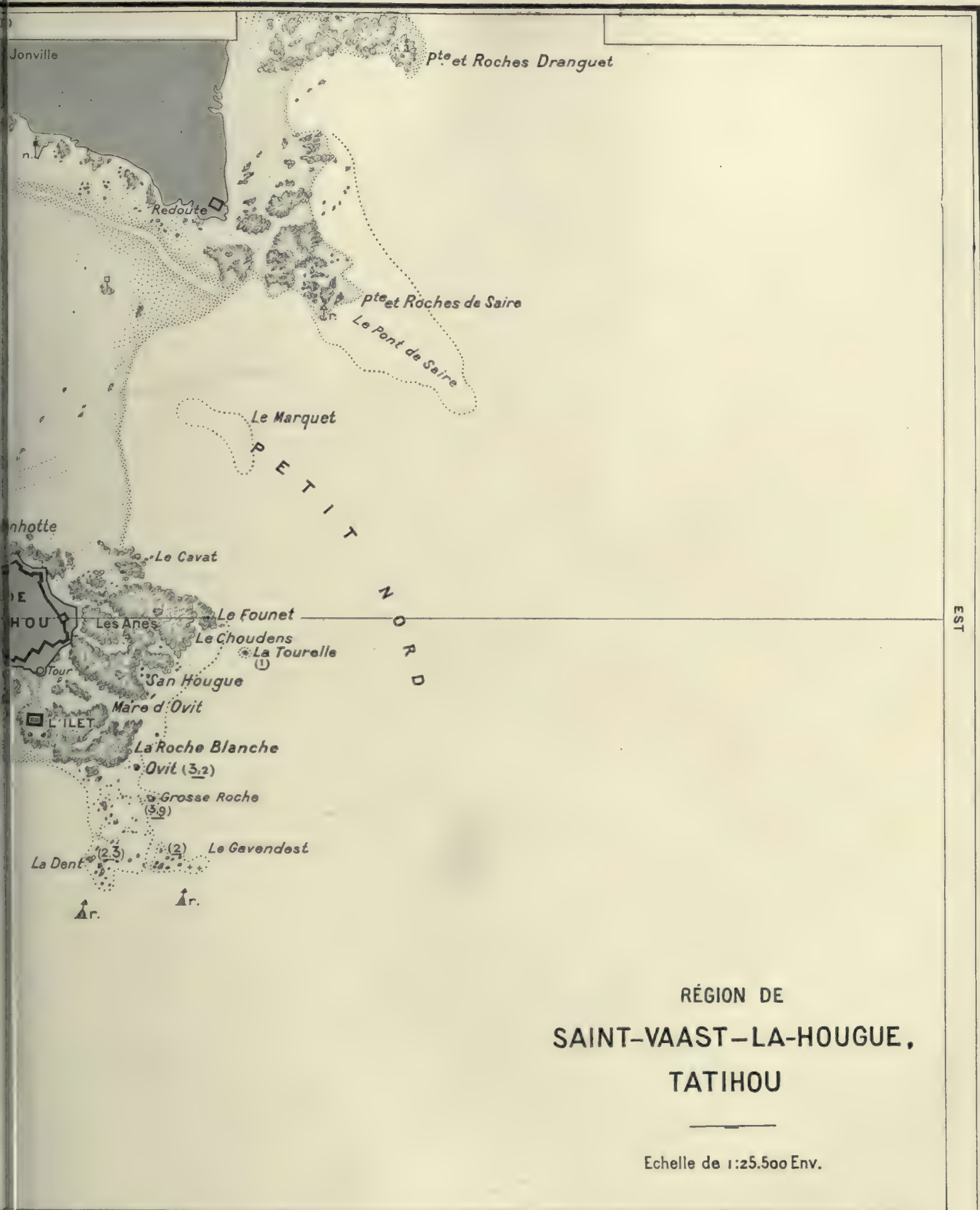
Les apports éoliens continentaux paraissent se distinguer par la forme arrondie de leurs grains, par l'uniformité de grosseur de leurs éléments, et enfin par leur stratification entrecroisée. Un seul de ces caractères, en particulier le dernier, ne suffit aucunement, en l'absence de fossiles, pour définir un dépôt comme formé dans un autre milieu que le milieu marin. Seule la coexistence des trois caractères dans une même roche fournit de fortes présomptions en faveur de son origine éolienne continentale.

Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Caen.



Flore algologique de la Hougue et de Tatihou.





Flore algologique de la Hougue et de Tatihou

PAR P. HARIOT,

Assistant de Cryptogamie au Muséum.

La région dont nous avons entrepris d'étudier la flore algologique s'étend de Quinéville à l'embouchure de la Saire, près de Réville. Elle comprend donc la baie de la Hougue et l'île de Tatihou. Le facies de cette flore est varié, puisqu'on y trouve les espèces qui vivent dans les eaux saumâtres et dans les vases, comme à Quinéville, à l'embouchure de la Sinope, à Morsalines, au Cul-de-Loup de Saint-Vaast, à l'estuaire de la Saire, en même temps que celles qui se fixent aux rochers et habitent les herbiers de Zostères. Ce facies est plutôt littoral d'une façon générale; c'est celui des baies qui tend à devenir océanique et à rappeler la flore de la mer battue, sur quelques points. La flore océanique se retrouve bien caractérisée un peu plus loin à Barfleur, à Gatteville, à Cherbourg. Il est digne de remarque que les rochers de Barfleur, très riches en Algues, sont au contraire pauvres en animaux.

En général, la flore algologique est riche dans la région de la Hougue et de Tatihou. Dans les eaux saumâtres et sur les vases, ce sont les *Monostroma*, les Myxophycées, le *Bostrychia scorpioides*, etc. Sur les rochers et les cailloux abondent les Algues brunes et les Floridées, qui sont aussi fréquemment épiphytes et parfois parasitées. Les herbiers ne sont pas à dédaigner et l'on peut y trouver toute une série d'espèces intéressantes.

La côte est basse, à fond calcaire, jusqu'à Saint-Vaast avec des dépôts meubles des dunes et des alluvions modernes. La Hougue est presque entièrement constituée par des phyllades de Saint-Lô avec quelques points granitiques. Les rochers de Tatihou sont exclusivement granitiques. Les îles Saint-Marcouf (île du Large et île de Terre), situées à quelques milles de Tatihou, sont formées par des grès armoricains.

Tatihou est particulièrement intéressant en raison du grand nombre de rochers dont quelques-uns — les plus au large — présentent une flore sensiblement océanique, de ses parcs à huîtres où les Algues brunes et les Floridées se rencontrent sur un même niveau.

Entre Tatihou et Réville s'étend une bande de sable très propre, dans lequel sont enfoncés des piquets, restes de vieux parcs abandonnés, recouverts d'algues dont quelques-unes ne se rencontrent guère ailleurs.

L'île de Tatihou n'est isolée qu'à marée haute. C'est, à basse mer, une presqu'île séparée de la terre ferme par une chaussée de 1500 mètres environ, accessible aux piétons et aux voitures et connue sous le nom de Rhun. Cette chaussée côtoie les parcs à huîtres entourés de murailles de granit, entre lesquelles coulent à basse mer de véritables rivières marines riches en algues.

Cette richesse algologique s'explique par la nature géologique. Si les roches sont trop tendres, les algues ne peuvent s'y fixer solidement; c'est ce qui arrive aussi si la roche est trop dure et trop unie. Le granit de Tatihou et les phyllades de la Hougue réunissent toutes les conditions voulues pour une solide fixation et une multiplication rapide et facile.

Saint-Vaast-la-Hougue a depuis longtemps fixé l'attention des naturalistes.

En 1831, H. Milne-Edwards et Audouin vinrent les premiers en étudier la faune marine. Plus tard de Quatrefages y fit un séjour. Puis vinrent les algologues avec Thuret, qui, en 1846, y constata une double forme de sporanges chez les Algues brunes qui se reproduisent par zoospores. En 1850, Thuret se fixa à Cherbourg et fit de nombreuses marées à Saint-Vaast à toutes les époques de l'année. En 1863, il y revint et commença l'étude de la fécondation des Floridées qui le préoccupait depuis longtemps. Dans un nouveau séjour en 1866, il put constater de la manière la plus nette, chez les Floridées, la fusion des corpuscules mâles avec le trichogyne, comblant une lacune considérable dans l'histoire des algues. En 1874, il fit un dernier séjour dans le Cotentin, mais son état de santé ne lui permettait plus d'aller à la mer; il dut se contenter de rechercher les plantes des quais et des fossés qu'il pouvait explorer à pied sec. Il observa la reproduction par zoospores et la germination d'un *Monostroma* marin et montra quels étaient les caractères distinctifs des Monostromes et des Ulves. Pendant ses recherches à Saint-Vaast et à Cherbourg, Thuret eut, à partir de 1852, comme collaborateur Bornet dont la science déplore la perte récente.

Le Jolis, de Cherbourg, fut un des élèves de Thuret et de Bornet qui l'aidèrent singulièrement dans l'élaboration de sa *Liste des Algues marines de Cherbourg*, ainsi qu'en fait foi la correspondance de Le Jolis. Il vint fréquemment à Saint-Vaast qu'il n'aimait d'ailleurs pas beaucoup. Il écrivait à Thuret, en 1863, après avoir recherché une algue dans les fossés des environs de Cherbourg « enfoncé jusqu'à la cheville dans une boue fétide et gluante qui vous réjouirait, car elle vous rappellerait le splendide Saint-Vaast ».

Areschoug, l'algologue suédois, se fixa pendant quelques mois à Saint-Vaast en 1858. Dans une lettre du 26 juillet 1857, il avisait Thuret de son intention de venir passer six mois en France pour récolter des algues et des éponges. Il lui demande « *Qui est in Gallia septentrionali locus ad algas spongiisque colligendas optimus? num Cherbourg? num Brest? num quidem mihi ignotus?* » Thuret lui conseilla Saint-Vaast, et Areschoug y vint avec sa femme « *quæ antea in itineribus me semper est comitata, Galliam mecum videre cupit* ». Avant de se décider, Areschoug prit ses dispositions; il fait savoir à Thuret qu'il ne veut pas vivre à l'hôtel « *in taberna* », mais trouver une maison où « *vitæ commoda habere liceat* ». Il insiste même sur le prix « *num hic minori pretio* ». Areschoug, en 1857, recherchait déjà le petit trou pas cher.

Dans une autre lettre, il s'inquiète de savoir comment en France on recueille les Algues.

En Suède où « *fluxus atque refluxus maris plane nulli sunt, strigelli rete funeque adligatis e fundo extrahuntur* ».

Le Jolis, qui conservait toujours une vieille rancune contre Saint-Vaast au profit de Cherbourg, écrivait à Thuret, le 12 décembre 1858, qu'Areschoug n'avait trouvé à Saint-Vaast qu'un nombre d'algues très restreint, mais cependant le *Codium Bursa*, le *Carpomitra Cabrerae* et plusieurs *Polysiphonia* jetés à la côte, qui lui paraissent autant d'espèces nouvelles. Areschoug n'étudiait pas sur place. Il prétendait étudier beaucoup mieux dans son cabinet sur des plantes revenues en les plongeant dans l'eau salée.

Il faut encore citer, parmi les algologues qui ont étudié la flore de la Hougue : le D^r Lebel, de Valognes ; Gomont, qui y vint à plusieurs reprises ; M. le professeur Kuckuck, d'Helgoland, en 1904 ; M. le professeur Wille, de Christiania, en 1909, etc.

Le Laboratoire de Cryptogamie y fit trois excursions dirigées par M. le professeur Mangin, membre de l'Institut, en 1907, en 1911 et en 1912. Nous-même y avons fait plusieurs séjours à diverses époques de l'année, profitant des ressources et des facilités de travail qu'offre le Laboratoire de Tatihou.

Le Laboratoire de Tatihou a été fondé en 1881 dans l'enceinte et les bâtiments d'un lazaret désaffecté. Il ne vient que le cinquième en date parmi les laboratoires maritimes français : Concarneau, 1857 ; Arcachon, 1867 ; Roscoff, 1872 ; Wimereux, 1873. Il est placé sous la direction de M. le professeur Perrier, Directeur du Muséum, assisté de M. le D^r Anthony, comme sous-directeur, de M. Malard, comme préparateur.

REPARTITION DES ALGUES

On peut voir, en parcourant la liste des algues qui se trouve plus loin, que certaines d'entre elles sont rares et même ne se rencontrent qu'exceptionnellement, rejetées en épaves, surtout après les tempêtes d'hiver. Certaines de ces épaves viennent des rochers du Dranguet près de Réville, de Gatteville, où le facies est océanique et où on les trouve en place pour la plupart. C'est le cas des : *Laminaria Cloustoni*, *Saccorhiza*, *Desmarestia*, *Nitophyllum punctatum* et *Hillia*, *Naccaria*, *Sporochnus*, *Carpomitra*, etc. Quelques-unes sont étroitement localisées : *Brachytrichia Balani*, *Stictyosiphon adriaticus*, *Lithoderma adriaticum*, *Chondria cærulescens*, *Polysiphonia rhunensis*, *Bostrychia scorpioides*, *Enteromorpha aureola*, *Monostroma laceratum*, etc.

La rareté des espèces peut tenir à des causes variées souvent inappréciables. Le Jolis signalait, en 1886, le *Chondrus crispus* que l'on rencontrait moins fréquemment qu'autrefois dans des localités où il était abondant, en raison de la récolte qu'on en fait. De 1840 à 1850, il pouvait, aux environs de Cherbourg, sur quelques points, recueillir des bourriches (*sic*) de *Nitophyllum ocellatum*, et depuis vingt ans il n'en voyait plus du tout. L'*Enteromorpha aureola* n'a été vu qu'une seule fois par Bornet. Le *Bostrychia scorpioides* et le *Monostroma laceratum* n'ont pas été retrouvés depuis longtemps dans les vasières et les eaux saumâtres de l'embouchure de la Saire, seul point où croît le *Fucus ceranoides*. Cette localité est, d'ailleurs, intéressante. Les mycologues peuvent y recueillir

lir le *Puccinia extensicola* sur le *Carex extensa* et sa forme écidienne sur l'*Aster Tripolium*. Les phanérogamistes y récolteront le rare *Spartina Townsendi* découvert par M. Corbière à l'embouchure de la Vire et que nous avons retrouvé au Pont-de-Saire.

Les localités les plus riches en dehors de la Hougue (plage de la Chapelle des Marins, la Balise, la pointe de l'Épée, la Bécue, le Cul-de-Loup, etc.), sont à Tatihou, le Rhun avec ses parcs à huîtres, la Dent, la grosse Roche, le Cavat, le Founet, la mare d'Ovit, l'Ilet, etc. Les îles Saint-Marcouf n'ont pas encore été assez méthodiquement explorées; les voyages n'y sont pas toujours faciles. Mais ce qu'on en sait montre que les récoltes doivent y être intéressantes : *Haliseris*, *Corallina squamata*, *Pleurocapsa amethystea*, etc.

Si l'on excepte les raretés, la plupart des autres espèces sont assez répandues dans la région qui nous occupe; quelques-unes d'entre elles constituent le fond de la végétation et se retrouvent à peu près partout; leur végétation et la façon dont elles croissent n'est pas sans présenter quelque intérêt. Au niveau des hautes marées, on rencontre sur tous les rochers, quelquefois soumis seulement à l'embrun, le *Pelvetia canaliculata*, en compagnie de deux Lichens, les *Lichina pygmaea* et *confinis* dont les gonidies sont fournies par des Rivulariacées. Au-dessous, mais à un niveau encore assez élevé, croît le *Fucus platycarpus*; à une zone plus inférieure, à mi-marée, le *Fucus vesiculosus* que touche de près l'*Ascophyllum nodosum* avec lequel il se mêle parfois plus ou moins; enfin, à basse mer, à un niveau plus bas, croît le *Fucus serratus*. Ces zones ne dépassent pas le niveau habituel des marées.

La zone de séparation des *Fucus platycarpus* et *vesiculosus* est généralement nette, mais il y a quelquefois empiètement, et alors elle est plus ou moins difficile à établir. Sur les roches du Rhun, la superposition des trois *Fucus* est régulièrement marquée. On a invoqué, pour expliquer la distribution des *Fucus* et la production de leurs formes anormales, la salinité de l'eau, le degré d'humidité, etc.

M. Stomps (1) qui a fait récemment d'intéressantes observations à Nieuport, a remarqué que les limites entre le *F. vesiculosus* et le *F. platycarpus* sont très nettes au bord immédiat de la mer, tandis que, dans les mêmes localités, la régularité n'est pas aussi marquée dans les limites entre les *F. vesiculosus* et *serratus* qui peuvent empiéter l'un sur l'autre.

Les *F. vesiculosus* et *platycarpus* peuvent être mélangés dans une zone d'une très faible largeur, et ce serait l'humidité qui détermine leur séparation. Sur un niveau horizontal, on peut les trouver mêlés dans une même touffe.

D'ailleurs, malgré les caractères invoqués, les deux espèces sont-elles bien distinctes? c'est ce que nous examinerons dans les observations insérées à la suite de la liste des espèces.

Entre les *Fucus*, on trouve très fréquemment les petits coussinets de *Catenella Opuntia* souvent parasités par le *Dermocarpa prasina*.

La distribution des Laminaires est aussi caractéristique, sans présenter toutefois les

(1) THÉO. J. STOMPS, Etudes topographiques sur la variabilité des *Fucus vesiculosus* L., *platycarpus* Thuret et *cernuoides* L. (1911).

anomalies que l'on remarque dans celle des Fucacées. Ces algues croissent toujours à un niveau inférieur à celui qu'occupent les *Fucus*. Les *Laminaria saccharina* et *flexicaulis* se trouvent à basse mer ; le *L. Cloustoni*, à très basse mer. Ce dernier n'a pas encore été rencontré à Tatihou, où on ne le voit qu'en épaves avec le *Saccorhiza*. Il ne serait pas étonnant qu'on arrivât à le trouver dans une zone un peu plus basse que celle de l'*Halidrys siliquosa*, espèce de très basse mer que l'on observe en place sur quelques points de l'île. A la Dent de Tatihou, le *L. saccharina* vit sur les roches isolées, le *L. flexicaulis* sur les roches en bordures des prairies de Zostères.

Dans les parcs du Rhun, les *L. saccharina* et *flexicaulis* croissent ensemble, accompagnés de Floridées, dans des ruisseaux où l'eau se maintient claire, très aérée, et coule à peu près pendant toute la durée de la marée. Mais les roches, couvertes de Laminaires à facies si spécial, ne sont nulle part dans notre région aussi caractéristiques qu'à la pointe de Gatteville.

Les Ulves et les Entéromorphes, si répandues, se trouvent depuis la zone des *Fucus* jusqu'à celle des Laminaires, partout où le sol reste suffisamment mouillé à basse mer, là surtout où il existe des ruisselets d'eau salée, ou sur les pentes infiltrées pendant la haute mer, ou bien encore dans les dépressions et les flaques où l'eau séjourne. Il leur faut, d'une façon générale, des rochers ou des pierres comme *substratum*, car les Ulves et la plupart des Entéromorphes ne se fixent ni sur le sable ni sur la vase.

Ces Algues se plaisent dans les eaux sales — c'est le cas sur plusieurs points à Tatihou, — mais on les trouve tout aussi bien dans des eaux très propres. Les *Enteromorpha*, quelques-uns du moins, prospèrent dans les eaux saumâtres où ils flottent.

On a dit que les Ulvacées étaient refoulées par les *Fucus* au-dessus et au-dessous d'eux. Je ne crois pas qu'il en soit toujours ainsi, car on les trouve assez souvent vivant en communauté avec eux. Quand il n'existe pas d'Ulves dans les zones de *Fucus*, c'est que ces derniers ont poussé dans des endroits qui restent secs pendant toute la durée de la basse mer, conditions qu'acceptent volontiers certaines Fucacées. Dans certains cas, il pourrait se faire que des Fucacées très vigoureuses comme les *Ascophyllum* gênassent par leur développement celui des Ulves et des Entéromorphes.

M. Stomps a observé à Nieuport que l'*Ulva Lactuca* habite toute la bande du *Fucus vesiculosus* et ne la dépasse guère vers le bas. Il est intéressant de signaler qu'une autre algue à apparence d'Ulve, le *Porphyra laciniata* habite toute la bordure inférieure du *F. vesiculosus* et descend même sensiblement au-dessous.

Dans les flaques sablonneuses, vit en été le *Padina pavonia*. C'est également sur le sable vaseux que se développe et prospère le *Chorda Filum*.

Les coquilles mortes que l'on trouve en grand nombre, les tas de coquilles d'huîtres accumulées dans le Rhun, recèlent toute une série d'algues incrustantes : *Ostreobium*, *Gomontia*, *Tellamia*, *Mastigocoleus*, *Hyella*, *Plectonema*. Elles servent fréquemment de support à des Rivulariacées, au *Microchæte grisea*. Les Balanes ont en propre le *Brachytrichia* et l'*Hyella Balani*.

Les parasites sont nombreux sur les Algues et sur les Zostères : *Myrionema*, *Chilionema*, *Hecatonema*, *Ulonema*, *Streblonema*, *Actinococcus*, *Harveyella*, *Colacolepis*, *Callocolax*, *Choreocolax*, *Sterrocladia*, etc.

Les cailloux servent d'habitat aux *Ralfsia*, *Lithoderma*, *Cruoria*, *Petrocelis*, *Hildbrandtia*, *Peyssonnelia* et diverses Mélobésiées. Les animaux eux-mêmes ne sont pas sans être attaqués : le *Convoluta* vit en symbiose avec un *Carteria* ; l'*Acrochætium endozoicum* habite l'*Alcyonidium gelatinosum* ; le *Rhodochorton membranaceum* se rencontre sur le *Sertularia abietina* et l'*Hydrallemania falcata*, etc.

NIVEAUX DE CROISSANCE DES ALGUES (1)

Les Algues, on l'a déjà vu par les considérations précédentes, ne croissent pas toutes au même niveau. Il y a à distinguer sous ce rapport celles qui vivent à haute mer, à mi-marée, à basse mer et à très basse mer, ces dernières ne découvrant souvent qu'aux grandes marées d'équinoxe ou ne se rencontrant qu'en épaves après les tempêtes.

HAUTE MER. — *Myxophycées* : nombreuses espèces.

Chlorophycées. — *Chætomorpha*, *Cladophora rupestris*, *Enteromorpha marginata*, *Prasiola stipitata*, *Ulothrix*.

Phéophycées. — *Castagnea cæspitosa* (limite de la haute mer), *Colpomenia sinuosa* (limites), *Dictyosiphon fœniculaceus* (*id.*), *Fucus ceranoides* et *platycarpus*, *Pelvetia canaliculata*.

Floridées. — *Bangia* (limite), *Catenella* (*id.*), *Erythrotrichia ciliaris* (*id.*), *Porphyra lacinata* (un peu au-dessous), *Rhodochorton Rothii*.

MI-MARÉE. — *Chlorophycées*. — *Bryopsis*, *Cladophora*, *Codium tomentosum*, *Derbesia*, *Enteromorpha clathrata* et *compressa*, *Monostroma Grevillei*, *Rhizoclonium tortuosum*, *Ulva Lactuca*.

Phéophycées. — *Ascophyllum nodosum*, *Asperococcus compressus* et *echinatus*, *Chorda Filum*, *Cladostephus spongiosus*, *Colpomenia sinuosa*, *Cystoseira fœniculacea* et *granulata*, *Dictyota dichotoma*, *Ectocarpus confervoides*, *E. siliculosus*, *E. tomentosus*, *Eudesme virescens*, *Fucus serratus* et *vesiculosus*, *Isthmoplea sphærophora*, *Leathesia difformis*, *Padina pavonia*, *Pylaiella littoralis* et *seriata*, *Ralfsia verrucosa*, *Scytosiphon Lomentaria*, *Spermatochneus Le Jolisii*, *Stilophora rhizodes*.

Floridées. — *Calliblepharis jubata*, *Callithamnion corymbosum*, *C. Hookeri*, *C. roseum*, *C. tetricum*, *Ceramium acanthonotum*, *C. ciliatum*, *C. Deslongchampsii*, *C. echionotum*, *C. flabelligerum*, *C. rubrum*, *Chondrus crispus*, *Corallina officinalis*, *Delesseria alata*, *Dumontia filiformis*, *Gastroclonium kaliforme*, *Gigartina acicularis* et *mamillosa*, *Gracilaria compressa* et *confervoides*, *Halopitys pinastroides*, *Hildbrandtia Prototypus*, *Jania corniculata*, *Laurencia obtusa*, *L. pinnatifida* (entre les limites de la

(1) Il ne faudrait pas cependant exagérer l'importance tirée du niveau de croissance. Il y a des influences qui exercent leur action en dehors de la profondeur de l'eau, telles que l'agitation de la mer, la quantité de lumière, le degré de salure, la température (fonds blancs ou noirs), etc.

marée), *Lithothamnium Lenormandi* (*id.*), *L. polymorphum*, *Lomentaria articulata*, *Naccaria* (?), *Petrocelis cruenta*, *Plumaria elegans*, *Polysiphonia foetidissima*, *P. fruticulosa*, *P. furcellata*, *P. insidiosa*, *P. nigrescens*, *P. rhunensis*, *P. thuyoides*, *P. urceolata*, *P. variegata*, *Rhodochorton floridulum*, *Rhodymenia palmata*, *Spermothamnion Turneri*.

BASSE-MER. — *Chlorophycées*. — *Bryopsis*, *Cladophora*, *Enteromorpha clathrata* et *ramulosa*, *Monostroma Grevillei*, *Rhizoclonium Kochianum*, *Ulva Lactuca*, *Vaucheria piloboloides*.

Phéophycées. — *Asperococcus compressus*, *Chorda Filum*, *Cladostephus verticillatus*, *Colpomenia sinuosa*, *Cystoseira ericoides*, *Dictyota dichotoma*, *Ectocarpus granulosus* et *Sandrianus*, *Fucus serratus*, *Haliseris polypodioides*, *Halopteris filicina* et *scoparia*, *Laminaria flexicaulis* et *saccharina*, *Leathesia difformis*, *Mesogloea Griffithsiana* et *vermiculata*, *Phyllitis Fascia*, *Punctaria plantaginea* et *tenuissima*, *Stictyosiphon adriaticus* et *Griffithsianus*, *Sphacelaria radicans*, *Stilophora rhizodes*, *Taonia atomaria*.

Floridées. — *Acrochætium Daviesii*, *Ahnfeltia plicata*, *Brongniartella byssoides*, *Callithamnion byssoides*, *C. corymbosum*, *C. tetricum*, *Ceramium ciliatum*, *C. echionotum*, *C. gracillimum*, *C. strictum*, *C. tenuissimum*, *Champia parvula*, *Chondria dasyphylla*, *C. coerulescens* et *tenuissima*, *Chondrus crispus*, *Chylocladia clavellosa*, *Compsothamnion gracillimum* et *thuyoides*, *Corallina officinalis* et *squamata*, *Cruoria pellita*, *Cystoclonium purpurascens*, *Dasya Arbuscula*, *Delesseria Hypoglossum* et *ruscifolia*, *Dudresnaya verticillata*, *Furcellaria fastigiata*, *Gastroclonium kaliforme* et *ovale*, *Gelidium corneum* et *latifolium*, *Gigartina acicularis*, *Gloiosiphonia capillaris*, *Gracilaria compressa* et *confervoides*, *Griffithsiabarbata*, *G. corallina*, *G. setacea*, *Gymnogongrus norvegicus*, *Jania rubens*, *Laurencia obtusa* var. *pyramidalis*, *Lithophyllum lichenoides*, *Monospora pedicellata*, *Nitophyllum Hilliæ*, *N. laceratum*, *N. punctatum*, *Phyllophora membranifolia*, *palmettoides* et *rubens*, *Pleonosporium Borreri*, *Polyides rotundus*, *Polysiphonia atrorubescens*, *P. simulans*, *P. urceolata*, *Porphyra leucosticta*, *Rhodomela subfusca*, *Rhodophyllis bifida*, *Rhodymenia palmata*, *Seirospora Griffithsiana*.

TRÈS BASSE MER. — *Chlorophycées*. — *Enteromorpha plumosa*.

Phéophycées. — *Asperococcus bullosus*, *Carpomitra*, *Castagnea contorta*, *Cutleria multifida*, *Desmarestia*, *Halidrys siliquosa*, *Laminaria Cloustoni*, *Saccorhiza bulbosa*, *Sporochnus*, *Tilopteris Mertensii*.

Floridées. — *Antithamnion Plumula*, *Calliblepharis ciliata*, *Callymenia reniformis*, *Callophyllis laciniata*, *Dasya ocellata*, *Delesseria alata*, *D. sanguinea* et *sinuosa*, *Dilsea edulis*, *Dudresnaya*, *Halarachnion*, *Halurus*, *Helminthora*, *Heterosiphonia*, *Gymnogongrus Griffithsiæ*, *Naccaria*, *Peyssonnelia atropurpurea*, *Plocamium coccineum*, *Polysiphonia elongella* et *simulans*, *Rhodophyllis appendiculata*, *Rhodymenia Palmetta*, *Sphaerococcus coronopifolius*, *Sphondylothamnion multifidum*, *Spyridia filamentosa*.

On peut remarquer, dans ces listes, que les limites de niveaux ne sont pas toujours fixes pour une même espèce, qu'il y a empiètement d'une zone sur une autre et que la délimitation devient plus ou moins artificielle.

COMPARAISON DES FLORES ALGOLOGIQUES DE LA HOUGUE ET DE CHERBOURG

Si l'on compare la flore algologique de la Hougue et celle de Cherbourg, on s'aperçoit rapidement qu'elles ne sont pas identiques. Chacune de ces régions possède ses formes spéciales, ce qui ne doit pas étonner en raison des facies assez différents qu'elles présentent l'une et l'autre. Dans la Hougue domine la flore des baies ; à Cherbourg, la flore océanique, celle des rochers battus et des mers ouvertes.

ESPÈCES DE LA HOUGUE QUI MANQUENT A CHERBOURG

1. *Myxophycées*. — *Pleurocapsa amethystea*, *Hyella Balani* et *cæspitosa*, *Dermocarpa Leibleniæ*, *Oscillatoria limosa*, *O. curviceps*, *amphibia*, *lætevirens*, *subsalsa*, *Spirulina Meneghiniana*, *S. rosea*, *S. versicolor*, *S. Nordstedtii*, *Phormidium parietinum*, *P. papyraceum*, *Symploca atlantica*, *Microcoleus chthonoplastes*, *Microchaete grisea*, *Plectonema terebrans*, *Mastigocoleus testarum*, *Calothrix Contarenii*, *C. fasciculata*, *Rivularia polyotis*.

2. *Clorophycées*. — *Carteria* sp., *Prasinocladus* sp., *Halosphaera viridis*, *Syhidion drøbakense*, *Codiolum gregarium*, *Monostroma latissimum* et *laceratum*, *Enteromorpha aureola* et *salina*, *Ulothrix pseudoflacca* et *consociata*, *Pilinia rimosa* et *maritima*, *Ectochaete leptochaete*, *Acrochaete repens*, *Gomontia polyrhiza*, *Tellamia intricata*, *Entoderma Wittrockii*, *E. Flustræ*, *E. perforans*, *Stereococcus Malardii*, *Pseudendoclonium submarinum*, *Ochlochaete ferox*, *Pringsheimia scutata*, *Cladophora crystallina*, *C. sericea*, *C. heterochloa*, *Chætomorpha Linum*, *Rhizoclonium arenosum* et *Kernerii*, *Ostreobium Queketti*, *Vaucheria dichotoma* f. *submarina*, *V. Thureti*, *V. ornithocephala*, *V. synandra*, *V. littorea*, *Codium Bursa*.

3. *Phéophycées*. — *Endodictyon infestans*, *Pylaiella seriata*, *Ectocarpus terminalis*, *E. simpliciusculus*, *E. Battersii*, *E. distortus*, *E. virescens*, *Streblonema volubile*, *S. Valiantei*, *S. æquale*, *Sphacelaria Hystrix* (?), *Stictyosiphon adriaticus*, *Litosiphon filiformis*, *Striaria attenuata*, *Myrionema papillosum*, *Chilionema Nathaliæ*, *Ulonema rhizophorum*, *Cylindrocarpus microscopicus*, *Corynophlœa crispa*, *Carpomitra Cabrerae*, *Lithoderma adriaticum*, *Pseudolithoderma fatiscens*, *Sorapion simulans*.

4. *Floridées*. — *Acrochaetium endozoicum*, *Chantransia microscopica*, *Scinaia furcellata*, *Choreocolax Polysiphoniæ* et *tumidus*, *Harveyella pachydermatica*, *Gelidium latifolium* et *crinale*, *Actinococcus simplicifilum*, *Callocolax neglectus*, *Gracilaria compressa*, *Hypnea musciformis*, *Chondria cœrulescens*, *Ceramium Crouanianum* et *gracillimum*, *Polysiphonia rhunensis*, *P. furcellata*, *P. subulifera*, *P. variegata*, *P. fœtidissima*, *Pterosiphonia pennata*, *Bostrychia scorpioides*, *Dasya ocellata*, *Compsothamnion thuyoides*, *Seirospora interrupta*, *Rhodochorton membranaceum*, *Halarachnion ligulatum*,

Cruoria purpurea, *Lithothamnium colliculosum*, L. *Sonderi*, *Melobesia Coralinae*.

ESPÈCES DE CHERBOURG QUI MANQUENT A LA HOUGUE

1. *Myxophycées*. — *Polycystis pallida*, *Aphanothece Le Jolisii*, *Lyngbya Stragulum*, *Spirulina labyrinthiformis*, *Nodularia Harveyana*, *Calothrix parasitica*.

2. *Chlorophycées*. — *Monostroma obscurum et orbiculatum*, *Enteromorpha Ralfsii*, *E. minima*, *E. micrococca*, *Ulothrix tenerrima*, *U. Cutleriae*, *U. collabens*, *Chætomorpha gracilis*, *C. fibrosa*, *C. Melagonium*, *Cladophora hirta*, *C. flexuosa*, *C. fracta*, *C. Macallana*, *C. rectangularis*, *Derbesia Lamourouxii* (*Bryopsis Balbisiana*).

3. *Phéophycées*. — *Ectocarpus Crouani*, *Pylaiella littoralis f. brachiata*, *Streblonema fasciculatum*, *S. sphæricum*, *S. velutinum*, *Acinetospora pusilla*, *Elachista stellaris*, *E. scutulata et Grevillei*, *Petrospongium Berkeleyi*, *Punctaria latifolia*, *Liebmannia Leveillei*, *Chordaria flagelliformis*, *Saccorhiza bulbosa*, *Himanthalia lorea*, *Bifurcaria tuberculata*, *Cystoseira fibrosa et myriophylloides*.

4. *Floridées*. — *Bangia Le Jolisii*, *Chantransia corymbifera*, *Nemalion lubricum*, *Actinococcus aggregatus*, *Grateloupia filicina*, *Gigartina Teedii et pistillata*, *Cordylecladia erecta*, *Nitophyllum uncinatum*, *N. Bonnemaisoni*, *Schizymenia Dubyi*, *Meredithia microphylla*, *Pterocladia capillacea*, *Bonnemaisonia hamifera*, *Lophosiphonia obscura*, *Bornetia secundiflora*, *Crouania attenuata*, *Microcladia glandulosa*, *Antithamnion cruciatum*, *Callithamnion granulatum*, *Laurencia hybrida*, *Dermatolithon Laminariae et hapalidioides f. confinis*, *Lithophyllum Crouani et papillosum*, *Lithothamnium Battersii et Borneti*.

Le *Cylindrocarpus microscopicus* (*Streblonema investiens*) a été distribué de Cherbourg par Le Jolis (Algues marines de Cherbourg, n° 138) sur *Gracilaria compressa*. Mais cette dernière espèce manque à Cherbourg. Il est très probable que les échantillons proviennent de Saint-Vaast où le *G. compressa* n'est pas rare.

Ce qui fait la richesse de la flore de la Hougue, ce sont surtout les Algues parasites. Nul doute que si on les cherchait méthodiquement à Cherbourg, on n'arrivât à les retrouver.

La flore de Cherbourg s'est enrichie depuis la publication de la Liste de Le Jolis en 1863. Nous avons trouvé dans l'herbier Thuret-Bornet un certain nombre d'espèces qui ne sont pas indiquées dans cet ouvrage.

En résumé, on rencontre à La Hougue 114 espèces, dont 23 Myxophycées, 37 Chlorophycées, 23 Algues brunes et 31 Floridées, qui n'ont pas été trouvées à Cherbourg. A Cherbourg existent 68 espèces, dont 6 Myxophycées, 17 Chlorophycées, 18 Algues brunes, 27 Floridées, qui n'ont pas encore été vues dans la région de La Hougue.

Une partie des algues qui manquent à La Hougue se retrouve à Barfleur et à Gatteville reliant ainsi les deux Flores.

UTILISATION ET RÉCOLTE DES ALGUES

Les grandes algues sont l'objet d'une véritable exploitation; on les récolte pour amender et fumer les terres, et cet usage est fort ancien. Le maire de Saint-Vaast prend, chaque année, un arrêté permettant la récolte sous des conditions déterminées, pour les gens du pays, les suburbains et les habitants des campagnes plus éloignées.

La police, pendant la coupe du varech, est exercée par les garde-parcs, les gardes maritimes, les gardes champêtres et les gendarmes. Les contraventions deviennent le bénéfice des vieux marins, et chacune d'elles revient sensiblement à 25 francs.

Le « droit au varech » (1), qui appartenait aux seigneurs des fiefs littoraux, leur permettait de s'emparer de tout ce que la tempête et les naufrages rejetaient sur les côtes, pourvu que les objets arrivassent assez près de terre pour qu'on pût les toucher avec une lance. Ce droit subsista longtemps. Louis XIV l'accorda à Louise de Savoie (le 15 juin 1661) qui pouvait recueillir, pendant vingt-cinq ans, du 15 mai au 15 septembre, le varech croissant sur la côte de la Hougue, Saint-Marcouf, Chausey, Tatihou. Louise de Savoie céda ce privilège, le 25 mai 1668, à Guillaume Lucas, directeur de la manufacture de glaces de Tournaville. Ce dernier renouvela son privilège le 23 mai 1691, pour vingt-cinq années. Il en résulta de graves inconvénients pour les gens de Saint-Vaast dont Pierre Mangon, sieur du Houguet, de Réville, prit les intérêts. Une transaction fut signée le 20 décembre 1699.

Le père de Pierre Mangon, Jean Mangon, substitut du procureur général de l'Amirauté de France au siège de Barfleur et côtes du Val de Saire, avait obtenu du Parlement l'autorisation de faire ramasser pour lui et tous autres, du varech et de la tangué (algues) à toutes heures convenables.

Un des privilèges les plus importants était à Cherbourg le droit de varech ou de pavage que les religieux exerçaient avec une telle persévérance qu'ils furent condamnés, au XVIII^e siècle, à payer 2000 louis pour pillage de vaisseaux échoués sur la côte.

On ne peut recueillir le varech le long des quais, des fortifications, des digues, des berges et des canaux. La récolte doit être faite de jour avec des faux et des crocs; il est défendu de se servir de rateaux. La coupe est autorisée généralement pendant le mois de février. Quant au varech, on peut le récolter toute l'année.

Autrefois, le varech était séché et gardé pour faire du feu pendant l'hiver. Les cendres étaient envoyées à Rouen et ailleurs.

Les algues qui constituent le varech portent des noms spéciaux, quelques-unes du moins. L'*Ascophyllum* est particulièrement recherché et s'appelle *Robert*. Les *Fucus* sont des *Feuilles de chêne*, les Laminaires du *Vélingue*. Quant aux Zostères, elles sont bien connues sous le nom d'*Herbiers*.

Une autre algue, une Floridée de faibles dimensions, est également recherchée à Cherbourg et à Barfleur où les gens la recueillent pour la vendre. C'est le *Lichen* ou *Chon-*

(1) LEROUX, Saint-Vaast-la-Hougue (1897).

drus crispus. Il n'y est pas cependant l'objet d'une récolte comme sur certains points des côtes de Bretagne (1), dans le pays de Tréguier entre Plougrescant et Perros-Guirec. A Buguélez, Pelinec, Port-Blanc, Royan, Trestrelet Port-Legoff; on en a recueilli et desséché, en 1904, 25 500 kilos, à 28 francs les 100 kilos, soit pour 5 740 francs. On y a vendu en même temps 22 tonnes de goémons à 1 fr. 50. A Noirmoutier, on en fait également le commerce sur une assez grande échelle.

Le *Lithothamnium calcareum* n'est pas récolté comme le Maerl en Bretagne pour l'amendement des terres granitiques. On lui donne le nom de *Petites-Croix*.

LISTE DES ALGUES MARINES CROISSANT A LA HOUGUE ET A TAHITOU

Myxophyceæ.

Glæocapsa crepidinum Thuret.

Sur les parois de la digue en face Tahihou, près des ruissellements. — Printemps. — Fournit les gonidies du *Verrucaria halodytes* Nyl. découvert par Le Jolis à Cherbourg (en 1858).

Pleurocapsa amethystea Rosenv.

Sur les murs humides du quai, dans le petit port de l'île du Large de Saint-Marcouf (Très rare). — Été.

Hyella cæspitosa Born. et Flah.

Dans le test des coquilles vides. — Abondant dans le Rhun.

H. Balani Lehm.

Sur les Balanes. — Abondant à Tahihou. — Été.

Dermocarpa prasina (Reinsch) Thur. et Born.

Sur *Catenella Opuntia*. — Abondant. — Été, automne.

D. Leiblenia (Reinsch) Thur. et Born.

Sur les *Lyngbya*. — Cul-de-Loup de Morsalines.

Oscillatoria limosa (Roth) Ag.

Fossé à Saint-Vaast sous Morsalines; eaux saumâtres, Moulin du Dic, Pont-de-Saire.

O. Bonnemaisoni (Crouan) Gomont.

Fentes des rochers boueux du Cavat, nord de Tahihou.

O. curviceps Agardh.

Saint-Vaast.

O. nigro-viridis Thwait.

Cul-de-Loup de Morsalines.

O. tenuis Agardh.

Eaux saumâtres, Pont-de-Saire; Morsalines.

O. amphibia Agardh.

Eaux saumâtres, Pont-de-Saire.

O. latevivens, (Crouan) Gomont.

Sur *Catenella*, nord de Tahihou; Saint-Vaast.

O. brevis (Kütz.) Gomont.

Île de Tahihou (nord).

O. chalybea (Mert.) Gomont.

Eaux saumâtres, Pont-de-Saire, Morsalines.

O. subsalsa Agardh.

Saint-Vaast (Chauvin).

Spirulina Meneghiniana Zanard.

Carteret, Quinéville (D^r Lebel).

S. rosea Crouan.

Sur *Chalina oculata*, Tahihou.

S. versicolor Cohn.

Sur *Flustra foliacea* rejeté après les tempêtes d'hiver et dans les dragages.

S. subsalsa Ærsted (*S. Thuretii* Cr.).

Sur les gros blocs et les Balanes derrière l'Îlet à Tahihou, et en haut du passage du Rhun en arrivant à l'île du côté du banc de sable.

S. Nordstedtii Gomont.

Quai de Saint-Vaast; Tahihou, derrière l'Îlet; Morsalines (entre St-Vaast et le Moulin du Dic).

Phormidium persicinum (Rke) Gomont.

Tahihou, dans *Alcyonidium gelatinosum* qu'il colore en rouge; sur des coquilles de *Spirorbis borealis* et de Balanes; sur des Annélides à tube calcaire vivant sur les *Fucus*.

P. papyraceum (Ag.) Gomont.

Sur la vase à La Hougue.

P. autumnale (Ag.) Gomont.

Murs du quai de Saint-Vaast et rue d'Isamberville. — Semble s'adapter aux embruns.

(1) GUÉGUEN, Le Carragaheen, ses emplois pharmaceutiques et industriels et sa récolte en Bretagne (1904).

- Lyngbya æstuarii* (Mert.) Liebm.
Grande mare, dans l'île de Tatihou; Saint-Vaast, Cul-de-Loup.
Var. *fusca* Kütz. — Saint-Vaast, Cul-de-Loup.
Forme *ferruginea* Gom. — Cul-de-Loup.
Forme *spectabilis* (Thuret) Gom. — St-Vaast, Cul-de-Loup; grande mare de Tatihou; Pont-de-Saire.
- L. majuscula* (Dillw.) Harvey.
Saint-Vaast; répandu à Tatihou.
- L. confervoides* C. Ag.
Saint-Vaast. — A été distribué de cette localité par Hohenacker (n° 499) sous le nom de *Leibleinia Cirrulus* Kütz.
- L. semiplena* (C. Ag.) J. Ag.
Tatihou: Ilet, grande mare, le Rhun; sous le fort de la Hougue.
Le *L. sordida* Crouan et le *L. curvata* f. *viridis* Rab. ne peuvent en être séparés.
- Symploca hydroides* Kütz.
Quai de Saint-Vaast; Tatihou, flaques profondes au nord-ouest de l'île sur des algues, la Dent.
- S. atlantica* Gomont.
Cul-de-Loup de Morsalines.
- Hydrocoleus lyngbyaceus* Kütz.
Sur les rochers et le *Cladostephus verticillatus* à Tatihou, près du Cavat; sur les murs du quai et les *Cladostephus*, à l'île de Terre de Saint-Marcouf; Saint-Vaast, escalier du quai.
- H. glutinosus* (Ag.) Gomont.
La Hougue (D^r Lebel, sous le nom d'*Oscillaria flavo-fusca* Cr.).
- Microcoleus chthonoplastes* (Fl. Dan.) Thuret.
Tatihou, grande mare; Cul-de-Loup de Morsalines; Pont-de-Saire.
Forme de larges plaques atteignant de grandes dimensions.
- Anabæna variabilis* Kütz.
Quinéville (D^r Lebel); Pont-de-Saire.
- A. torulosa* (Carmich.) Lagerheim.
Quai de Saint-Vaast; répandu à Tatihou: le Rhun, Cavat, etc.; Carteret (D^r Lebel).
- Microchaete grisea* Thuret.
Sur les coquilles des vieux parcs, à Tatihou.
- Plectonema terebrans* Born. et Flah.
Dans le test des vieilles coquilles, dans le Rhun, Tatihou.
- Mastigocoleus testarum* Lagerh.
Dans le test des vieilles coquilles, dans le Rhun, Tatihou.
- Calothrix confervicola* (Roth) Agardh.
Sur les algues, Saint-Vaast; Tatihou; Carteret (D^r Lebel).
- C. scopulorum* (Web. et M.) Agardh.
Sur les pierres, les pieux et aussi sur les algues, La Hougue, Tatihou (à la limite supérieure de la marée); Barnéville, Carteret (D^r Lebel).
- C. Contarenii* (Zanard.) Born. et Flah.
Sur les galets dans le Rhun, à Tatihou.
- C. pulvinata* (Mert.) Agardh.
Quai de Saint-Vaast; sur les rochers et les algues à Tatihou, le Rhun, l'Ilet; Cul-de-Loup, sur les poutres qui entourent les chantiers de construction.
- C. æruginea* (Kütz.) Thuret.
Sur les algues, Saint-Vaast; Tatihou, mare d'Ovit, entre l'Ilet et le Fort.
- C. crustacea* Thuret.
Sur les rochers et les algues: île Saint-Marcouf; roches plates à cuvettes peu profondes derrière l'Ilet; sur *Fucus* à Tatihou (D^r Lebel).
- C. fasciculata* Agardh.
Sur les rochers et la terre humide: La Hougue; Tatihou, entre l'Ilet et le Fort.
- Isactis plana* (Harv.) Thuret.
Sur les cailloux, dans le Rhun, à Tatihou; sur coquilles à Saint-Marcouf et sur les rochers où il forme des plaques de 10 à 12 centimètres (Île du Large); Carteret, sur *Asperococcus echinatus* (D^r Lebel).
- Brachytrichia Balani* (Lloyd) Born. et Flah.
Grands rochers recouverts de Balanes, derrière l'Ilet, à Tatihou.
- Rivularia polyotis* (Ag.) Born. et Flah.
Sur les rochers recouverts de vase: La Hougue.
- R. nitida* Agardh.
Sur les rochers, à Saint-Vaast et à Carteret (D^r Lebel).
- R. atra* Roth.
Très répandu dans toute la région, sur la terre, les rochers, les coquilles, les algues, les *Lichina*, le bois et sous de nombreuses formes. On trouve dans l'herbier Thuret-Bornet des échantillons répondant aux formes *limicola*, *ceramicola*, *confluens*, *lignicola*, *saxicola*.
- R. bullata* (Poiret) Berkeley.
Sur les rochers, à la limite supérieure de la marée; répandu dans La Hougue et à Tatihou; Carteret (D^r Lebel).

Chlorophyceæ.

Carteria Sp.

Dans le *Convoluta Schultzii*, qu'il colore en vert et avec lequel il vit en symbiose : Tatihou.

Prasinocladus Sp.

Espèce voisine du *P. lubricus* Kuck, mais en différant par la forme des zoospores. — Dans les bacs du Laboratoire de Tatihou.

Chlorocystis Cohnii Reinke.

Parasite les *Campanularia aggregata* et *flexuosa* sur les Zostères, les *Cystoseira* et d'autres algues, à Tatihou. Vit peut-être en symbiose comme le *Carteria* vis-à-vis du *Convoluta*.

Halosphæra viridis Schm.

Algue du Plancton, très rare à Tatihou.

Sykidion droebakense Wille.

Dans les filaments de *Cladophora crystallina* et de *Rhizoclonium Kernerii* à Tatihou. — Été.

Codiolum gregarium A. Br.

Sur les *Hildbrandtia* à Tatihou (an *C. Petrocelidis* Kuck. ?).

Monostroma latissimum Wittr.

Eaux saumâtres, Quinéville, à l'embouchure de la Sinope (Dr Lebel). — Été.

M. laceratum Thuret.

Eaux saumâtres, Quinéville, embouchure de la Sinope (Dr Lebel); Cul-de-Loup de Morsalines; Pont-de-Saire. — Mars-octobre.

M. oxycoccum (Kütz.) Thuret.

Eaux saumâtres, Quinéville, embouchure de la Sinope (Dr Lebel). — Été.

M. quaternarium (Kütz.) Desmaz.

Quinéville (Dr Lebel); Cul-de-Loup de Morsalines; Grande mare à Tatihou. — Été.

M. Grevillei Wittr.

Sur les rochers, Saint-Vaast; Morsalines; Tatihou, le Cavat. — Printemps. — Espèce franchement marine.

Ulva Lactuca L.

Très répandu avec la variété *latissima* D. C. (*Ulva latissima* J. Ag.) qui ne peut être séparée du type. — Toute l'année.

Enteromorpha clathrata J. Ag.

Très répandu. — Toute l'année.

E. plumosa Kütz.

Répandu. — Été, automne.

E. torta (Mert.) Reinb. (*E. percursa* Auct. plur.)

Eaux saumâtres au Pont-de-Saire; grande mare de Tatihou; Morsalines. — Été, automne.

E. marginata J. Ag.

Murs du quai du port de Saint-Vaast. — Été.

E. salina Kütz.

Morsalines (Dr Lebel). — Été, automne.

E. prolifera J. Ag.

Eaux saumâtres au Pont-de-Saire. — Été.

E. aureola Kütz. (*Capsosiphon aureolus* (Kütz.)

Gobi. — Trouvé une seule fois par MM. Thuret et Bornet, sur des cailloux, Cul-de-Loup de Morsalines (23 août 1863).

E. ramulosa Hook.

Saint-Vaast; Huîtrières de Tatihou, le Cavat. — Été.

E. compressa Grev.

Répandu avec la variété *complanata* J. Ag. — Toute l'année.

E. Linza J. Ag.

Saint-Vaast, banc de sable sous la jetée; Tatihou, derrière l'Îlet, très rare. — Printemps.

E. intestinalis (L.) Link.

Très répandu partout. — Toute l'année.

Ulothrix flacca (Dillw.) Thuret.

Sur les pierres et les algues, Saint-Vaast. — Printemps.

U. pseudoflacca Wille.

Sur les *Fucus* et sur les parois d'un bac à Tatihou. — Printemps, été.

U. consociata Wille.

Sur un piquet immergé à Saint-Vaast. — Printemps.

Prasiola stipitata Suhr. (*P. marina* Cr.).

Escaliers du port de St-Vaast. — Été, automne.

Pilinia rimosa Kütz.

Mêlé aux *Calothrix* et *Rivularia*, à Tatihou.

P. maritima (Kjellm.) Rosenv.

Sur les coquilles avec *Tellamia*, à Tatihou.

Ectochaete leptochaete (Huber).

Sous la cuticule du *Cladophora tenerrima*, à Tatihou.

Acrochaete repens Pringsh.

Dans les cellules corticales du *Chorda Filum*, le Rhun, à Tatihou.

Bulbocoleon piliferum Pringsh.

- Dans la couche corticale du *Leathesia marina*, à Tatihou.
- Gomontia polyrhiza* (Lag.) Born. et Flah.
Dans le test des vieilles coquilles, le Rhun à Tatihou, l'Ilet, etc.
- Tellamia intricata* Batt.
Dans la coquille des Littorines, Tatihou : l'Ilet, le Rhun, etc.
- Entoderma Wittrockii* Wille.
Dans le thalle de l'*Elachista fucicola*, de l'*Ectocarpus siliculosus*, etc., Tatihou, le Petit Cavat.
- E. Flustræ* (Reinke) Batt. (*Epicladia Flustræ* Reinke).
Très abondant dans *Sertularia pumila*, plus rare dans *Flustrella hispida* et *Alcyonidium gelatinosum*.
- Entoderma perforans* Huber (*Endoderma*).
Dans les cellules de l'épiderme des feuilles de Zostères, Saint Vaast, au sud du cours, vis-à-vis les cabanes de bains.
- Stereococcus Malardii* Wille.
Escalier du port de Saint-Vaast. — N'a pas encore été rencontré ailleurs. — Été.
- Pseudendoclonium submarinum* Wille.
Poutres qui garnissent les escaliers du port de Saint-Vaast. — Été.
- Ochlochaete ferox* Huber.
Sur *Chaetomorpha ærea*, au sud de l'île de Tatihou, en face le Laboratoire.
- Pringsheimia scutata* Reinke.
Sur les Floridées, principalement sur *Polysiphonia elongata*, la Hougue : le Bout du Roc, Plage des Bains, la Bécue.
- Protoderma marinum* Reinke.
Sur les pierres, les Balanes, sur les tiges de *Spartina stricta*, Cul-de-Loup de Morsalines. — Les *Protoderma* ne sont probablement pas des plantes autonomes et répondent à des états de développement d'autres algues vertes telles qu'*Enteromorpha*.
- Blastophysa rhizopus* Reinke.
Dans les cellules du disque basilaire du *Dumontia*, Saint-Vaast-la Hougue, la Bécue.
- Ægagropila repens* (J. Ag.) Kütz.
Sur les rochers, La Hougue ; Tatihou : San Hougue, mare d'Ovit, le Cavat. — Automne, hiver.
- Acrosiphonia centralis* (Lyngb.) Kjellm. (*Cladophora arcta* (Dillw.) Kütz.
Sur les cailloux et les rochers : Tatihou, à l'Ilet. — Février, avril.
- Cladophora pellucida* Kütz.
Très rare dans les flaques au nord de l'île du Large de Saint-Marcouf. — Toute l'année.
- C. rupestris* Kütz.
Répandu sur les rochers de toute la région. — Toute l'année.
- C. Hutchinsiae* Kütz.
Sur les cailloux et les rochers vaseux, dans le Rhun, à Tatihou. — Toute l'année.
- C. utriculosa* Kütz. (*C. latevirens* Auct. p.p.).
Flaques sablonneuses, Saint-Vaast ; Tatihou. — Été.
- C. pectinicornis* Kütz.
Flaques sablonneuses, Saint-Vaast. — Été.
- C. sericea* Kütz.
Flaques, Saint-Vaast ; Tatihou. — Printemps, été.
- C. crystallina* Kütz. (*C. tenerrima* Kütz.).
Flaques, répandu surtout à Tatihou. — Toute l'année.
- C. expansa* Kütz.
Rochers vaseux, La Hougue, Pointe de l'Épée. — Été.
- C. heterochloa* Kütz.
Flaques vaseuses, Quinéville (Dr Lebel). — Été.
- C. glaucescens* Harv.
Sur les algues, dans les flaques, Saint-Vaast (J. Chalon). — Été.
- C. albida* Kütz.
Sur les rochers, avec la variété *refracta* (*Cl. refracta* Harv.), Saint-Vaast ; Tatihou. — Printemps, été.
- C. Magdalenæ* Harv.
Rochers vaseux, Tatihou, au sud de l'Ilet. — Hiver.
- Chaetomorpha Linum* (Müll.) Kütz.
Répandu dans les eaux saumâtres avec une forme *crassa* à articles plus allongés. — Été, automne. — La forme *crassa* est le *Ch. crassa* Kütz. ; *Ch. herbacea* Kütz.
- C. ærea* (Dillw.) Kütz.
Sur les galets, Tatihou, près le Port, le Cavat. — Toute l'année.
- Urospora penicilliformis* (Roth) Aresch. (*Ulothrix isogona* Thuret).
Sur les pierres et les grandes algues, baie de Morsalines, devant le Moulin du Dic. — Mars-avril.

Spongomorpha lanosa (Roth) Kütz.

Dans les flaques sur les grandes algues, répandu — Printemps.

La variété *uncialis* (*Cl. uncialis* Harv.) se rencontre surtout sur les rochers sablonneux en été.

Rhizoclonium riparium (Roth) Harv. (*R. salinum* Kütz.)

Plantes marines, murs des quais de Saint-Vaast ; Cul-de-Loup de Morsalines. — Toute l'année.

R. Kochianum Kütz. (*Conserva implexa* Lyngb.)

Eaux saumâtres, grande mare de Tatihou. — Automne.

R. arenosum Kütz.

Avant-port de Saint-Vaast, près la Balise. — Automne.

R. Kernerii Stockm.

La forme *endozootica* Wille, dans *Halichondria panicea*, dans le sud de l'île de Tatihou et à la Hougue. — Été.

R. tortuosum Kütz. (*Conserva implexa* Harv., non *Chaetomorpha implexa* Kütz.).

Murs des quais, rochers, Saint-Vaast ; Tatihou. — Été, automne.

Il est probable que le *R. capillare* Kütz. (*Chaetomorpha tortuosa* Kütz., *Lychnete tortuosa* J. Ag.) doit exister dans la région ; mais nous n'en avons pas la certitude. — A rechercher.

Bryopsis hypnoides Lamour.

Contre les parois des rochers sur les algues, Saint-Vaast, à la Balise et dans les parcs (Dr Lebel) ; Tatihou, la Roche blanche ; îles Saint-Marcouf. — Automne.

B. plumosa (Huds.) Ag.

Dans les flaques, sur les rochers, Saint-Vaast ; Tatihou, la Dent, les huîtres. — Toute l'année.

Derbesia marina Sol.

Flaques des rochers vaseux, pilotis vaseux :

La Hougue ; Tatihou, vieux parcs à huîtres.

Été, automne.

Codium Bursa Ag.

Saint-Vaast (Areschoug). — N'a pas été retrouvé.

C. tomentosum (Huds.) Stackh.

Sur les rochers, flaques profondes ; Saint-Vaast ; Tatihou (rare en place), Fort, le Rhun ; îles Saint-Marcouf, où il se présente sous une forme à ramuscules courts et dressés qui hérissent tous les rameaux principaux. — Toute l'année.

Ostreobium Queketti Born. et Flah.

Dans les vieilles coquilles d'huîtres ; Tatihou, le Rhun.

D'après Nadson, le *Conchocelis rosea* Batt. qu'on trouve également à Tatihou, ne serait qu'une variété rouge de l'*Ostreobium Queketti*.

Vaucheria dichotoma f. *submarina* Ag. (*V. submarina* Berk.)

Dans un fossé d'eau saumâtre qui sépare Quinéville d'Aumeville (Dr Lebel), Morsalines. — Mars-avril.

V. Thureti Woron.

Sur la vase, Saint-Vaast ; très abondant à Tatihou, devant le laboratoire, sur la vase à demi desséchée, au-dessus des herbiers de Zostères ; le Rhun. — Septembre à octobre.

V. ornithocephala Ag.

Dans les fossés d'eau saumâtre, à Saint-Vaast (Chapelle des marins). — Printemps.

V. synandra Woron.

Eaux saumâtres, marais salants voisins de l'embouchure de l'Orne (Dr Lebel). — Février-mars.

V. piloboloides Thuret.

Rochers vaseux, Saint-Vaast ; très rare à Tatihou : Founet, Cavat. — Août à novembre.

V. litorea Hoffm. et Ag.

Parcs aux huîtres de la Saline sous La Hougue, vieux parcs de Maisy. — Mars à mai.

Phæophyceæ.

Endodictyon infestans Gran.

Dans l'*Alcyonidium gelatinosum*, Tatihou. — Août-septembre.

Pylaiella littoralis (L.) Kjellm.

Sur les algues et les cailloux ; très répandu partout. — Printemps, été, automne.

P. seriata Kuckuck Mss.

Sur les algues, Tatihou, le Rhun. — Été, automne.

Ectocarpus simplex Crouan.

Parasite sur *Codium tomentosum*, Tatihou. — Printemps, été, automne.

E. terminalis Kütz.

- Sur les algues, Tatihou, le Rhun. — Mai-juin.
- E. simpliciusculus* Ag.
Sur les algues (*Fucus*, *Cystoseira*, etc.), la Roche Blanche. — Printemps.
- E. globifer* Kütz. (*E. insignis* Crouan).
Sur les Zostères et les tubes de Sabelles, Tatihou, le Rhun, la Dent. — Été, automne.
- E. Battersii* Bornet.
Sur les vieux pieds de *Taonia*, Saint-Vaast, près de la Balise et au-dessous de la Bécue.
- E. Hincksiæ* Harv.
Rare et seulement en épaves sur *Laminaria Cloustoni* et *Saccorhiza*, Tatihou, le Cavat. — Printemps.
- E. siliculosus* (Dillw.) Lyngb.
Très répandu sur les algues. — A peu près toute l'année. La variété *hiemalis* Kuck. (*E. hiemalis* Crouan) à Saint-Vaast et à Tatihou sur les Zostères et le gravier vaseux. — Hiver, printemps.
- E. confervoides* (Roth) Le Jolis.
Même distribution que l'espèce précédente. — A peu près toute l'année.
La variété *arctus* Kjellm. (*E. arctus* Kütz. *E. pseudosiliculosus* Crouan) se rencontre à Saint-Vaast.
- E. fasciculatus* (Griff.) Harvey.
Sur les algues (Laminaires, etc.), Tatihou, le Rhun, la Dent, — Été, automne.
La variété *draparnaldioides* Crouan, à Saint-Vaast et à Tatihou ainsi que la variété *congesta* Crouan (*E. congestus* Crouan, *E. glomeratus* Thuret).
- E. granulatus* (Engl. Bot.) Ag.
Sur les algues et le gravier, Tatihou, le Rhun. — Printemps, Été.
- E. tomentosus* (Huds.) Lyngb.
Sur les *Fucus*, à Tatihou, le Cavat, San Hougue. — Été.
- E. distortus* Carm.
Sur les feuilles de Zostères, dans les huîtres de Tatihou. — Été.
- E. Sandrianus* Zanard. (*E. elegans* Thuret).
Sur le gravier, dans les huîtres de Tatihou, le Rhun. — Été.
- E. virescens* Thuret.
Sur les cailloux, les coquilles, les algues huîtres de Tatihou; sur une poutre en épave à l'île du Large de Saint-Marcouf. — Été, automne.
- E. secundus* Kütz. (*Giffordia secunda* Batt.).
Sur *Polysiphonia* à Tatihou. — Printemps.
- E. Lebelii* Crouan. (*Giffordia Lebelii* Batt.).
Sur *Cystoseira ericoides*, à Tatihou. — Été.
- Streblonema volubile* (Crouan) Thuret.
Sur *Dudresnaya coccinea*, à Saint-Vaast; Tatihou, le Cavat, San Hougue, le Founet. — Été.
- S. Valiantei* (Bornet) de Toni.
Sur *Cystoseira ericoides*, Tatihou. — Printemps.
- S. æquale* Oltmans (*Phæostroma æquale* (Oltm. Kuckuck).
Sur *Chorda Filum*, Tatihou, le Cavat, le Rhun. — Été, automne.
- Ascocyclus orbicularis* Magnus.
Sur feuilles de Zostères, Tatihou. — Août, septembre.
- A. sphærophorus* Sauvageau.
Sur *Rhodomenia palmata*, Saint-Vaast (Gomont, Vaney); Tatihou, le Rhun (parc du Laboratoire). — Août, octobre.
- Sphacelaria radicans* (Dillw.) Ag.
Roches sablonneuses, La Roche Joly et rochers à très basse mer entre Morsalines et Quinéville. — Printemps, été.
- S. cirrosa* (Roth) Ag.
Sur les algues (*Fucus*, etc.) mais non parasite, assez répandu. — Printemps, automne.
La forme *septentrionalis* Sauv. est la plus commune; la variété *patentissima* Grev., à la base des touffes de Zostères, n'a pas encore été rencontrée dans les limites que nous avons adoptées; on la trouve à Carteret (Dr Lebel) en compagnie de la variété *nana* Griff. (*S. cirrosa* v. *pygmæa* Lebel).
- S. Hystrix* Suhr.
Parasite sur *Cystoseira ericoides*, Tatihou, le Rhun. — Été, automne.
- S. bipinnata* (Kütz.) Sauvageau (*S. amphicarpa* Lebel Mss., *S. Lebelii* Sauv.).
Parasite sur *Halidrys siliquosa* en épaves, Tatihou, mare d'Ovit, la Cavat. — Été.
- Cladostephus spongiosus* (Lighft.) Ag.
Rochers sablonneux, Saint-Vaast; Tatihou, à peu près toute l'année. — Fruct. hiver.
- C. verticillatus* (Lighft.) Lyngbye.
Sur les rochers et les cailloux, Saint-Vaast; Tatihou à peu près toute l'année. — Fruct. hiver.
- Halopteris filicina* (Grat.) Kütz.
Rare et presque toujours en épave, Tatihou, le Cavat, le Rhun. — Printemps, été, automne.
L' *H. Sertularia* (Bonn.) Kütz. (*H. filicina* v. *pa-*

tentissima Sauv.) n'en est qu'une forme qui a été trouvée à Quinéville par le Dr Lebel, à la base des Zostères, dans les fonds de chaluts. On le trouvera probablement partout où croît le type.

H. scoparia (L.) Sauvageau (*Stypocaulon scoparium* Kütz.)

Très répandu sur les rochers sablonneux. — Toute l'année.

Punctaria plantaginea (Roth) Grev.

Sur les pierres des plages sablonneuses, Saint-Vaast; Tatihou, le Rhun. — Printemps.

P. tenuissima Grev. (*P. latifolia* v. *Zosteræ* Le Jolis).

Sur les pierres et à la base des Zostères, Saint-Vaast (Dr Lebel). — Printemps.

Litosiphon pusillus (Carm.) Harvey.

Sur les grandes algues, Saint-Vaast. — Été.

L. filiformis (Reinke) Batt. (*Pogotrichum filiforme* Reinke).

Sur les frondes de *Laminaria saccharina*, Tatihou, la Dent. — Avril, mai.

Colpomenia sinuosa (Roth) Derb. et Sol.

Sur les algues, Tatihou, Roche Blanche, mare d'Ovit, le Cavat. — Printemps, été.

Scytosiphon Lomentaria (Lyngb.) J. Ag.

Répandu, sur les pierres. — Toute l'année.

Phyllitis fascia (Fl. Dan.) Kütz. (*P. caespitosa* Le Jolis).

Sur les pierres, les coquilles, les vieux piquets, jetée de Saint-Vaast; Tatihou, l'Ilet, le Rhun. — Hiver, printemps.

Asperococcus echinatus (Mert.) Grev.

Sur les algues dans les creux des rochers, Saint-Vaast; Tatihou, le Fort, les huîtres du Rhun. — Été.

A. bullosus Lamrx.

Répandu sur les plages vaseuses. — Printemps, été.

A. compressus Griff.

Sur les pierres, dans les flaques sablonneuses, Saint-Vaast, cours venant de l'ancien parc de la Saline, au sud de la Bécue; Tatihou, le Cavat. — Toujours rare. — Hiver, printemps.

Stictyosiphon Griffithsianus (Le Jolis) Holm. et Batt. (*Ectocarpus Griffithsianus* Le Jolis).

Sur *Rhodomenia palmata*, Saint-Vaast (J. Chalon). — Mai-juin.

S. adriaticus Kütz.

Sur les pierres, Tatihou, parcs aux huîtres entre T. IV. — Fasc. 4.

le grand Cours et le cours du Cochon (Kuckuck, 18 juin 1904).

Isthmoplea sphaerophora (Carm.) Kjellm.

Sur les algues, Saint-Vaast, musoir du vieux port; Ile du Large de Saint-Marcouf. — Mars, mai.

Striaria attenuata (Ag.) Grev.

Echantillon rejeté, recueilli le 28 mars 1858, par le Dr Lebel à Saint-Vaast. — N'a pas été revu depuis cette époque.

Arthrocladia villosa (Huds.) Duby.

Probablement rejeté, à Saint-Vaast (Dr Lebel). — Été.

Desmarestia viridis (Fl. dan.) Lamrx.

Sur les pierres, rejeté à Saint-Vaast; Tahitou, très rare en place, dans le déversoir des parcs situés sous la jetée, dans la prairie de Zostères en très grands exemplaires isolés. — Printemps,

D. aculeata (L.) Lamrx.

Toujours rejeté à Tatihou, le Cavat, plage de la mare d'Ovit; La Hougue, commun dans les fonds de chaluts en hiver. — Printemps, été.

D. ligulata (Lightf.) Lamrx.

Sur les rochers, Saint-Vaast (Lenormand); en épaves à Tatihou, le Cavat. — Printemps, été.

Dictyosiphon faeniculaceus (Huds.) Grev.

Sur les *Fucus*, Saint-Vaast (Dr Lebel, Lenormand, Chauvin); Tatihou, commun dans la flaque située au nord-ouest du canal de déversement sud de la douve du fort; rare entre les Anes et le Cavat; forme de véritables prairies sur la côte nord-ouest des îles Saint-Marcouf; couvre toutes les pierres du chenal entre les îles et la Balise d'Ovit. — Été, automne.

Myriotrichia filiformis (Griff.) Harv.

Sur les Zostères et les algues (*Scytosiphon*), Tatihou, les huîtres. — Printemps.

M. claviformis Harv.

Très rare sur *Scytosiphon*, La Hougue. — Printemps.

Elachista stellulata Griff.

Sur *Dictyota dichotoma*, Tatihou, la Dent, dans la zone des Zostères. — Automne.

E. flaccida (Dillw.) Areschoug (*E. curta* Aresch.).

Sur les *Cystoseira*, Tatihou, les huîtres. — Printemps.

E. fucicola (Velley) Fries.

Abondant sur les *Fucus*. — Presque toute l'année.

- Giraudya sphacelarioides* Derb. et Sol.
Plus ou moins rare suivant les années sur la petite
plage à Zostères qui part du nord-est des Anes
à Tatihou et aboutit près la pointe de San
Hougue (avant la mare d'Ovit et à l'ouest
de la mare). — Automne.
- Myrionema vulgare* Thuret.
Sur de nombreuses espèces d'algues, très répandu.
— Été, automne.
- M. papillosum* Sauvageau.
Sur *Laminaria saccharina* Saint-Vaast (Vaney) ;
Tatihou, les huîtres. — Septembre.
- Chilionema Nathaliae* Sauvageau.
Sur *Rhodomenia palmata*, Tatihou, le Cavat. —
Automne.
- Hecatonema maculans* (Collins) Sauvageau (*Phyco-
celis maculans* Collins).
Sur *Rhodomenia palmata* et *Ulva lactuca*, Saint-
Vaast (Sauvageau) ; Tatihou. — Juillet-août.
- Ulonema rhizophorum* Foslie.
Sur *Dumontia filiformis*, Tatihou (Kuckuck). —
Mai, juin.
- Eudesme virescens* (Carm.) J. Agardh.
Sur les rochers et les algues, Saint-Vaast ; Tatihou,
le Rhun. — Fin du printemps.
- Castagnea Zosteræ* (Mohr) Thuret.
Sur les Zostères, Saint-Vaast ; Tatihou. — Prin-
temps, automne.
- C. contorta* Thuret.
Sur les souches de Zostères, Saint-Vaast ; Tatihou.
— Automne.
- C. caespitosa* Thuret.
Sur les pierres, dans les flaques, Saint-Vaast (Dr
Lebel). — Automne.
- Myriactis pulvinata* Kütz.
Sur les *Cystoseira*, Saint-Vaast, Balise de la
Bécue ; Tatihou, le Cavat. — Été, automne.
- Cylindrocarpus microscopicus* Crouan (*Streblonema
investiens* Thuret).
Parasite sur *Gracilaria compressa*, Saint-Vaast,
(Thuret) ; Tatihou (Kuckuck). — Automne.
- Leathesia difformis* (L.) Areschoug.
Sur les rochers et les algues, répandu. — Été,
automne.
- Corynophlæa crispa* (Harv.) Batters.
Sur les algues (*Chondrus*), île du Large de Saint-
Marcouf, en allant vers la Balise d'Ovit. —
Mai, juin.
- Mesogloia vermiculata* (Engl. Bot.) Le Jolis.
Sur les algues, Saint-Vaast ; Tatihou. — Été,
automne.
- M. Griffithsiana* Grev. (*Castagnea Griffithsiana* (Grev.)
J. Agardh.
Sur les pierres et les souches de Zostères, Saint-
Vaast. — Été, automne.
- Stilophora rhizodes* (Ehr.) J. Agardh.
Sur *Cystoseira* dans les flaques, Saint-Vaast ;
abondant à Tatihou. — Été, automne.
- Spermatocnusus paradoxus* (Roth) Kütz.
A été indiqué par erreur pour le *S. Lejolisii* (Thuret).
S. Lejolisii (Thuret) (*Stilophora Lejolisii* Thuret).
Sur *Cystoseira* et Corallines, les plages sablon-
neuses, à mi-marée, dans les rigoles par où
l'eau s'écoule lentement, Saint-Vaast ; Tatihou.
— Été.
- Sporocnusus pedunculatus* (Huds.) Ag.
Trouvé rarement et pas en place, Saint-Vaast ;
Tatihou, rigole près le Rhun, fonds de chalut.
— Été, automne.
- Carpomitra Cabrerae* Kütz.
Rejeté à Saint-Vaast (Dr Lebel) ; à Tatihou (Ares-
choug), revu ces dernières années par M. Ma-
lard dans des fonds de chalut. — Été.
- Le *Carpomitra* aurait été vu en place à Réville
par M. Benoist sur une grosse pierre ramenée
du fond dans un endroit qui ne découvre
jamais (Le Jolis, *in litt.* 1857).
- Ralfsia verrucosa* Areschoug.
Sur les cailloux, très répandu dans la région. —
Toute l'année. — Fructif. automne.
- Chorda Filum* (L.) Stackh.
Très répandu, formant sur quelques points de
véritables prairies. — Rare au printemps. —
Été, automne.
- Saccorhiza bulbosa* (Huds.) De la Pylaie.
Seulement en épaves. — Fructif. automne.
- Laminaria saccharina* (L.) Lamrx.
Répandu dans toute la région. — Fructif. Au-
tomne, hiver.
- L. flexicaulis* Le Jolis.
Plus rare que l'espèce précédente à Tatihou où
on ne le rencontre que sur quelques points,
Le Cavat, mare d'Ovit, la Dent, rigoles des
parcs dans le Rhun. — Fruct. automne.
- On trouve, dans le Rhun, une forme curieuse à
stipe spiralé et se reproduisant sous cette
forme ; à la Bécue, une autre forme que Foslie
avait nommée *L. cucullata*.

A la Dent, où le *L. flexicaulis* est abondant, on le trouve sur les rochers en bordure des prairies de Zostères ; sur les blocs isolés, on rencontre plutôt le *L. saccharina*.

L. Cloustoni Le Jolis.

Saint-Vaast, pointe de l'Épée ; seulement à l'état d'épaves à Tatihou : la grosse Roche, San Hougue et le Dranguët. Il est possible qu'il existe en place sur ces points au-dessous du niveau qui couvre et découvre. — Fructif. hiver, printemps.

Lithoderma adriaticum Hauck.

Sur les cailloux dans le Rhun (Kuckuck, juin 1904), à mi-marée.

Sorapion simulans Kuckuck.

Sur coquilles mortes de *Vola maxima*, *Solen Ensis*, *Lutraria*, etc. par fonds de quinze brasses. Il donne aux coquilles l'aspect enfumé ; spécial que les pêcheurs appellent des *fonds brûlés* : Tatihou, Petit-Nord.

Pseudolithoderma fatiscens (Aresch.) Sved.

Avec le précédent et dans les mêmes conditions.

Culleria multifida Smith.

Sur les pierres, les pieux, les tubes de Sabelles, plutôt rare ; sous la forme *Culleria* à l'automne ; sous la forme *Aglaozonia* [*A. parvula* (Grev.) Zanard ; *A. reptans* Kütz], à l'automne, en hiver, au printemps.

Saint-Vaast, Tatihou, pieux des vieux parcs où on ne trouve que l'*Aglaozonia* ; entre l'Îlet et la Dent, près des trois bâtiments où les deux formes se rencontrent.

Tilopteris Mertensii (Engl. Bot.) Kütz.

Sur les roches sablonneuses, sur le sable pur, entre les rochers, assez commun à la Hougue ; plus rare à Tatihou, le Cavat, la Dent. — Fin de l'hiver, printemps.

Himanthalia lorea (L.) Lyngb.

Seulement en épaves après les tempêtes d'hiver.

Fucus serratus L.

Répandu sur les rochers à un niveau plus bas que les autres espèces. — Fruct. toute l'année.

F. vesiculosus L.

Le plus commun des *Fucus* ; habite un niveau supérieur à celui du *F. serratus* et inférieur à celui du *F. platycarpus*. — Fruct. l'hiver.

F. platycarpus Thuret.

Répandu à un niveau supérieur aux précédentes espèces. — Fruct. en automne et hiver.

F. ceranoides L.

Rare et seulement à l'embouchure de la Saire dans les eaux saumâtres. — Toujours hermaphrodite dans cette localité. → Fruct. une partie de l'année.

Pelvetia canaliculata (L.) Decsne et Thuret.

Très répandu à un niveau supérieur à celui des autres Fucacées, à peine touché parfois par l'eau de mer. — Fruct. été, automne.

Ascophyllum nodosum (L.) Le Jolis.

Très répandu. — Fruct. hiver.

A Saint-Marcouf, les vésicules atteignent la grosseur d'un petit œuf.

Bifurcaria tuberculata (Huds.) Stack.

N'a jamais été rencontré, même en épaves. Il abonde, par contre, à Gatteville avec *Himanthalia* qui couvre certains rochers.

Cystoseira ericoides (L.) Ag.

Sur les rochers, répandu ; très caractérisé par son iridescence. — Fruct. printemps.

C. granulata (L.) Ag.

Dans les flaques, très répandu. — Fruct. hiver.

C. faeniculacea Harv. (*C. discors* Auct. plur.).

Dans les flaques, répandu. — Fruct. été, automne.

Halidrys siliquosa (L.) Lyngb.

Sur les rochers, plutôt rare en place à Tatihou : la Dent, le Cavat, la mare d'Ovit ; la côte de la Hougue entre le Bout du Roc et le Manquet. Il abonde et forme de véritables prairies sur le côté sud de la chaîne rocheuse du Dranguët. Souvent rejeté. — Fruct. hiver.

Taonia atomaria (Woodw.) J. Ag.

Roches sablonneuses, Saint-Vaast ; Tatihou, les piquets des vieux parcs, Le Rhun. — Automne.

Padina pavonia (L.) Gaillon.

Sur les pierres, dans les flaques sablonneuses, Saint-Vaast ; pas très répandu à Tatihou, le Rhun près la jetée, derrière le Fort. — Été, automne.

Haliseris polypodioides Ag.

Dans les flaques profondes, Tatihou, le Cavat ; île du Large de Saint-Marcouf où il est abondant. — Automne, hiver.

Dictyota dichotoma (Huds.) Lamrx.

Sur les algues, Saint-Vaast ; Tatihou, le Cavat, mare d'Ovit, etc. — Été, automne.

La variété *implexa* (Lamrx) J. Agardh, à Saint-Vaast et à la Dent de Tatihou.

Florideæ.

- Bangia fusco-purpurea* (Dillw.) Lyngb.
Sur les rochers, quelques filaments à Saint-Vaast, la Bécue. — Printemps.
- Porphyra laciniata* (Lightf.) Ag.
Très répandu sur les rochers. — Toute l'année.
La forme *linearis* (*P. linearis* Grev.) serrencontre en hiver à l'Ilet, dans le Rhun, à Tatihou.
- P. leucosticta* Thuret.
Sur les algues, plus rarement sur les rochers, Tatihou, Ilet, la Dent, parcs. — Hiver, printemps.
- Erythrotrichia ciliaris* (Carm.) Thuret.
Sur les algues (*Laurencia*) à Tatihou, Roche Blanche. — Printemps.
- E. carnea* (Dillw.) J. Ag. [*E. ceramicola* (Lyngb.) Aresch.].
Sur *Ceramium rubrum*, répandu. — Été. *Goniotrichum elegans* (Chauv.) Zanard.
Sur les rochers, Saint-Vaast; Tatihou. — Été.
- Acrochaetium endozoicum* (Darbishire) Batters.
Dans *Alcyonidium gelatinosum*, Saint-Vaast, Petit-Nord. — Automne, hiver.
- A. virgatulum* (Harvey) Batters.
Sur les algues (*Ceramium rubrum*), Saint-Vaast; Tatihou. — Août, septembre.
- A. secundatum* (J. Ag.) Nägeli.
Sur Zostères, *Chaetomorpha ærea*, etc., Tatihou. — Printemps, automne.
- A. Daviesii* (Harvey) Nägeli.
Sur *Rhodomenia palmata*, Saint-Vaast; Tatihou où il est commun; îles Saint-Marcouf sur une épave. — Automne-hiver.
- Chantransia Thuretii* (Bornet) Kylin (*C. efflorescens* v. *Thuretii* Bornet).
Sur *Ceramium rubrum*, Tatihou. — Automne.
- C. microscopica* (Næg.) Foslie.
Sur *Calliblepharis ciliata*, Saint-Vaast.
- Helminthora divaricata* (Ag.) J. Ag.
Sur *Furcellaria* et *Polyides*, Saint-Vaast. — Juillet-septembre.
- Scinaia furcellata* (Turn.) Bivona.
Sur les rochers, Saint-Vaast; Tatihou, l'Ilet, la Dent. — Automne.
- Chloreocolax Polysiphonia fastigiata*, Reinsch.
Parasite sur *Polysiphonia fastigiata*, Tatihou, le Rhun; îles St-Marcouf. — Été.
- C. tumidus* Reinsch
Parasite sur *Ceramium* et *Cystoclonium*, Tatihou, le Fort. — Été.
- Harveyella mirabilis* Schm. et Reinke.
Parasite sur *Rhodomela*, Tatihou.
- H. pachydermatica* (Reinsch) Batters.
Parasite sur *Gracilaria confervoides*, Tatihou.
- Naccaria Wiggii* (Turn.) Endlicher.
Sur les rochers, Saint-Vaast; en épaves à Tatihou, le Cavat. — Très rare. — Août. Récolté déjà en 1841. Un échantillon, distribué par Lenormand, porte l'indication suivante: *inter rariores rarissima*.
- Gelidium corneum* (Huds.) Lamrx.
Sur les rochers, Saint-Vaast; Tatihou. — Automne, hiver.
- G. latifolium* Bornet.
Sur les rochers, Saint-Vaast; Tatihou, l'Ilet, à l'est de la Tour. — Automne, hiver.
- G. pusillum* (Stackh.) Thuret.
Sur les rochers, les murs des quais, Pont-de-Saire; îles Saint-Marcouf. — Automne.
- G. pulchellum* (Kütz.) Thuret (*G. corneum* v. *clavifer* Grev. p.p.).
Sur les rochers, Tatihou. — Automne, hiver.
- G. crinale* (Turn.) Lamrx.
Sur les rochers, Saint-Vaast, la Bécue. — Automne, hiver.
- Chondrus crispus* (L.) Stackh.
Sur les rochers et les pierres. Très répandu partout. — Toute l'année.
Plante très polymorphe à frondes larges ou étroites. Les formes à frondes élargies habitent de préférence les plages vaseuses; les formes étroites à frondes plus ou moins découpées ou laciniées recherchent les rochers battus (Le Jolis, *Liste des Algues marines de Cherbourg*, p. 125).
- Gigartina acicularis* (Wulf.) Lamrx.
Sur les rochers sablonneux, Saint-Vaast; Tatihou, le Cavat, assez rare. — Fruct. novembre à février.
- G. mamillosa* (Good. et Woodw.) J. Ag.
Sur les rochers, Saint-Vaast; Tatihou, le Cavat, mare d'Ovit, le Founet, etc.; îles Saint-Marcouf où il est commun. — Fruct. été, automne.
- Phyllophora rubens* (Good. et Woodw.) Grev.
Entre les rochers, dans les flaques, Saint-Vaast;

- Tatihou, mare d'Ovit. — Printemps, automne.
- P. palmettoïdes* J. Ag.
Sur les rochers sablonneux, Tatihou, la Dent.
— Hiver, printemps.
- P. membranifolia* J. Ag.
Sur les rochers, Saint-Vaast, assez commun; Tatihou, le Cavat, San Hougue, mare d'Ovit. — Toute l'année.
- Gymnogongrus Griffithsia* (Turn.) Martius.
Flaques sablonneuses, sur les pierres, dans la prairie de Zostères de la Hougue où il est très rare. — Printemps, automne.
- G. norvegicus* (Gunn.) J. Ag.
Flaques des rochers, La Hougue; plutôt rare à Tatihou. — Fruct. hiver.
- Actinococcus peltæformis* Schmitz.
Parasite sur *Gymnogongrus norvegicus*, La Hougue; Tatihou. — Hiver, printemps.
- A. simplicifilum* J. Ag.
Parasite sur *Chondrus crispus*, Saint-Vaast (Gomont).
- Colacolepis incrustans* Schmitz.
Parasite sur *Phyllophora rubens*, Tatihou, le Cavat. — Hiver, printemps.
- Callophyllis laciniata* (Huds.) Kütz.
Seulement rejeté à Tatihou; en place au Dranguet. — Toute l'année.
- Callocolax neglectus* Schmitz.
Parasite sur *Callophyllis*, Tatihou, la Bunotte. — Fin octobre.
- Callymenia reniformis* (Turn.) J. Agardh.
Sur les rochers, Saint-Vaast (Lenormand). — Fruct. automne.
- Ahnfeltia plicata* (Huds.) Fries.
Flaques sablonneuses, sur les pierres, plateau du Dranguet; Ile Saint-Marcouf du large. — Toute l'année.
- Sterrocolax decipiens* Schmitz.
Parasite sur *Ahnfeltia*. — A chercher.
- Cystoclonium purpurascens* (Huds.) Kütz.
Flaques des rochers, Saint-Vaast; Tatihou, le Cavat, mare d'Ovit. — Fruct. juillet à octobre.
- Catenella Opuntia* (Good. et Woodw.) Grev.
Sur les rochers à l'extrême limite de la haute mer, répandu. — Presque toute l'année.
- Rhodophyllis bifida* (Good. et Woodw.) Kütz.
Sur les algues, Saint-Vaast; Tatihou, le Rhun, etc. — Printemps, été.
- R. appendiculata*, J. Ag.
En épaves sur la plage du Cavat, Tatihou. — Automne, hiver.
- Sphaerococcus coronopifolius* (Good. et Woodw.) Stackh.
Sur les rochers, Saint-Vaast en place (Lenormand); très rare en place et à très basse mer à Tatihou, le Cavat. — Fruct. été, automne.
- Gracilaria compressa* Grev.
Dans les endroits sablonneux, Saint-Vaast; Tatihou, le Cavat, mare d'Ovit. — Été, automne. Croît dans la zone au-dessous du *Fucus serratus* et peut descendre dans celle à Laminaires.
- G. confervoides* (L.) Grev.
Endroits sablonneux, très épandu et polymorphe. — Toute l'année.
- Calliblepharis ciliata* (Huds.) Kütz.
Sur les parois des rochers, Saint-Vaast, en très petits échantillons; Tatihou, peu commun, le Cavat, le Rhun; rejeté en beaux échantillons l'hiver sur la plage nord près des Anes. — Fruct. hiver.
- C. jubata* (Good. et Woodw.) Kütz.
Abondant sur les algues, surtout à Tatihou, et très polymorphe. — Fruct. été.
- Hypnea musciformis* (Wulf.) Lamrx.
Sur les pierres, trouvé une seule fois par M. Gomont dans les huitrières de Tatihou et en très petite quantité, le 4 octobre 1896.
- Rhodymenia palmata* (L.) Grev.
Sur les algues et les rochers, abondant. — Fruct. novembre, février.
Espèce très polymorphe dont la variété *sarniensis* (Mert.) Grev. peut à peine être séparée.
- R. Palmetta* (Esp.) Grev.
Fentes des rochers et stipes de Laminaires, Saint-Vaast; Tatihou, le Cavat, mare d'Ovit. — Fruct. automne.
- Lomentaria articulata* (Huds.) Lyngb.
Sur les rochers et les algues, répandu. — Toute l'année et surtout l'hiver.
- Champia parvula* (Ag.) Harv.
Sur les parois des rochers, la Hougue; Tatihou, le Rhun, la Grosse Roche; Iles Saint-Marcouf, côte nord-est de l'île du Large. — Été, automne.
- Chylocladia clavellosa* (Turn.) Grev.
Sur les algues des plages sablonneuses, répandu surtout à Tatihou. — Automne, hiver, printemps.
- Gastroclonium kaliforme* (Good. et Woodw.) Ardissonne.
Sur les pierres et les souches de Zostères, assez répandu. — Printemps, été.

- Plante d'aspect variable suivant la saison, (f. *vernalis* et *æstivalis* Le Jolis).
- La variété *squarrosa* (Harv.) Le Jolis, souvent considérée comme espèce distincte, se rencontre à l'automne sur *Polyides* et *Furcellaria* à La Hougue, à Tatihou (mare d'Ovit) et dans les vieux parcs au nord du Rhun.
- G. ovale* (Huds.) Kütz.
Sur les pierres, les rochers et les algues, Saint-Vaast, rochers de la Balise au sud de la jetée ; Tatihou, le Cavat, le Founet ; le Dranguet ; Ile Saint-Marcouf près la Balise d'Ovit, dans la région des Laminaires. — Hiver, printemps.
- Plocamium coccineum* (Huds.) Lyngb.
Sur les algues et les rochers, très répandu sous diverses formes (*latifrons* et *angustifrons* Le Jolis), dont la plus caractérisée est la sous-variété *uncinatum* (Ag.) Harv. qui est plus rare. — Toute l'année. — Fruct. automne.
- Nitophyllum laceratum* (Gmel.) Grev.
Sur les algues et les rochers, assez répandu dans La Hougue, à Tatihou, aux îles Saint-Marcouf sous plusieurs formes à frondes larges ou étroites. — Fruct. été, automne.
- N. punctatum* (Stackh.) Harv.
Seulement rejeté à Tatihou, mare d'Ovit. — Hiver, printemps.
- N. Hilliæ* Grev.
Seulement en épaves au nord de Tatihou ; en place au Dranguet. — Toute l'année.
- Gonimophyllum Buffhami* Batters.
Sur les frondes de *Nitophyllum laceratum*, à rechercher à Tatihou et à la Hougue ; en épaves au Dranguet. — Octobre, novembre.
- Delesseria sanguinea* (L.) Lamrx.
Sur les rochers, Saint-Vaast ; rare en place à Tatihou, le Cavat, les huîtres ; fréquemment rejeté. — Mars, mai. — Fruct. hiver.
- D. sinuosa* (Good. et Woodw.) Lamrx.
Sur stipes de *Laminaria Cloustoni*, seulement en épaves à Tatihou sur la plage nord. — Hiver, printemps.
- D. alata* (Huds.) Lamrx.
Sur les parois des rochers et les stipes de Laminaires, Saint-Vaast ; Tatihou, à l'est de la mare d'Ovit, le Cavat. — Toute l'année.
- D. Hypoglossum* (Woodw.) Lamrx.
Sur les algues et les rochers, Saint-Vaast ; Tatihou, le Cavat, mare d'Ovit. — Toute l'année. —
- Espèce polymorphe dont la variété *glomerata* Chauvin, se trouve à la Dent de Tatihou.
- D. ruscifolia* (Turn.) Lamrx.
Parois des rochers, Saint-Vaast ; Tatihou, le Rhun. — Toute l'année.
- Bonnemaisonia asparagoides* (Woodw.) Ag.
Rencontré à Saint-Vaast et à Tatihou par Thuret et Bornet (août 1847 et 1863). — De juin à décembre.
- Laurencia obtusa* (Huds.) Lamrx.
Flaques des rochers, assez répandu. — Printemps, automne.
La variété *pyramidata* J. Ag. (*L. pyramidalis* Kütz.) se rencontre également avec le type.
- L. pinnatifida* (Gmel.) Lamrx.
Sur les rochers, recherche les angles des rochers dans la zone au-dessus des Laminaires, très répandu. — Fruct. hiver, printemps.
- Chondria tenuissima* (Good. et Woodw.) Ag.
Sur les pierres, La Hougue ; Tatihou, assez répandu surtout dans le Rhun. — Été, automne.
- C. dasyphylla* (Woodw.) Ag.
Rochers sablonneux dans les flaques, La Hougue ; Tatihou, le Rhun, le Fort, l'Îlet ; îles Saint-Marcouf. — Été, automne.
- C. caerulea* (Crouan) Falkenberg.
Forme des prairies dans la vase à la Hougue, autour de la Balise, à la Pointe de l'Épée. — Automne.
- Polysiphonia macrocarpa* Harv.
Sur les rochers de Balanes, Ile du Large de Saint-Marcouf. — Automne, hiver.
- P. urceolata* (Dillw.) Grev.
Sur les rochers, La Hougue ; Tatihou, les huîtres. — Printemps.
La variété *comosa* J. Ag. (*P. stricta* Grev.) à Tatihou, le Rhun.
- P. insidiosa* Crouan.
Dans les flaques sur les *Fucus*, Saint-Vaast, plage de l'église des marins, etc. ; Tatihou, le Rhun. — Automne.
- P. fibrata* (Dillw.) Harv.
Sur les rochers, les coquilles, les algues, Tatihou, huîtres. — Été, automne.
- P. rhunensis* Thuret.
Sur les cailloux, dans les flaques, Tatihou, le Rhun. — Été, automne.
- P. elongata* (Huds.) Grev.

- Sur les pierres, les coquilles, répandu. — Toute l'année.
- P. elongella*, Harvey.
Sur la vase, La Hougue, pointe de l'Épée; Tati-hou, le Cavat. — Printemps, automne.
- P. fibrillosa* (Dillw.) Grev.
Sur les algues et les Zostères, La Hougue; Tati-hou, huîtres, la Dent. — Toute l'année.
- P. variegata* (Ag.). Zanard.
Sur les plages vaseuses, Saint-Vaast; Tati-hou, grand cours des parcs; rochers du pont de Saire. — Août-octobre.
- P. fœtidissima* Cockx.
— Sur les pierres Saint-Vaast, la Bécue et huîtres. — Septembre, octobre.
- P. furcellata* (Ag.) Harv.
Sur les algues Saint-Vaast, plage de l'église des marins; Tati-hou, huîtres au nord du Rhun, la Dent. — Août.
- P. simulans* Harvey.
Sur les rochers, Saint-Vaast (D^r Lebel). — Printemps, automne.
- P. subulifera* (Ag.) Harv.
Sur les cailloux, Saint-Vaast (Areschoug). — Printemps.
- P. atrorubescens* (Dillw.) Grev.
Sur les roches sablonneuses, assez répandu. — Hiver, Printemps.
Une forme de fin de printemps, et qui n'est peut-être qu'un état plus avancé du type, constitue le *P. Agardhiana* Grev. (*P. Deschampsii* Crouan) (*Le Jolis, Liste des Algues marines de Cherbourg*, p. 145).
- P. nigrescens* (Dillw.) Grev.
Dans les localités sablonneuses, répandu. — Hiver, printemps.
- P. fastigiata* (Roth) Grev.
Abondant sur *Ascophyllum*. — Fruct. presque toute l'année.
- P. Brodiaei* (Dillw.) Grev.
Sur les rochers battus, îles Saint-Marcouf. — Toute l'année.
- P. thuyoides* Harv.
Sur les rochers, La Hougue, pointe de l'Épée. — Fruct. printemps, automne.
- P. fruticulosa* (Wulf.) Sprengel.
Sur les algues et les cailloux, La Hougue; Tati-hou, le Rhun, les huîtres, mare d'Ovit. — Fruct. été, automne.
- Pterosiphonia pennata* (Roth) Falkenb.
Indiqué à Quinéville par le D^r Lebel. — Été.
- Brongniartella byssoides* (Good. et Woodw.) Schm.
[*P. byssoides* (G. et W.) Grev.]
Sur les parois des rochers, La Hougue, petit Nord, plage de La Hougue (en place); Tati-hou, en épaves; le Dranguet. — Été, automne.
- Bostrychia scorpioides* (Ag.) Mont.
Dans les vasières sur les végétaux (*Obione portulacoides*, etc.); La Hougue, Cul-de-Loup de Morsalines; existait autrefois à l'embouchure de la Saire (Thuret). — Toute l'année.
- Rhodomela subfusca* (Woodw.) Ag.
Sur les plages sablonneuses, dans les flaques, répandu. — Hiver, printemps.
- Halopitys pinastroides* (Gmel.) Kütz. (*Rytiplæa pinastroides* Ag.).
Dans les flaques des rochers, répandu. — Toute l'année. — Fruct. novembre.
- Heterosiphonia coccinea* (Huds.) Falkenberg [*Dasya coccinea* (Huds.) Ag.].
Sur les rochers, La Hougue; Tati-hou, le Rhun, la Roche blanche, etc.; îles Saint-Marcouf. — Fréquemment rejeté. — Toute l'année. — Fruct. hiver.
- Dasya ocellata* (Gratel.) Harv.
Sur les rochers à corallines, dans les herbiers de Zostères, la Roche Joly entre Morsalines et Auméville. — Été, automne.
- D. Arbuscula* (Dillw.) Ag. (1).
Sur les rochers et les pierres, Saint-Vaast; Tati-hou, le Rhun. — Été.
- Sphondylothamnion multifidum* (Huds.) Naeg.
(*Wrangelia multifida* J. Ag.).
Sur les rochers, La Hougue; Tati-hou, assez répandu. — Été, automne.
- Spermothamnion Turneri* (Mert.) Areschoug.
Sur les algues, Saint-Vaast; Tati-hou, le Rhun, la Dent, mare d'Ovit; îles Saint-Marcouf. — Été. La variété *variabile* (Ag.) Ardiss. à Saint-Marcouf, (D^r Lebel).
- Ptilothamnion Pluma* (Dillw.) Thuret (*Callithamnion Pluma* Ag.).
Sur les stipes de *Laminaria Cloustoni*, La Hougue;

(1) On pourra rencontrer dans la région le *D. corymbifera* J. Ag., qui a été recueilli à Carteret par le D^r Lebel.

- Tatihou, rejeté après les tempêtes, le Cavat les Anes, etc. — Fruct. été.
- Griffithsia corallina* (Lightf.) Ag.
Sur les parois des rochers, Saint-Vaast; Tati-
hou. — Toute l'année.
- G. setacea* (Ellis) Ag.
Sur les pierres, les rochers, Saint-Vaast; Tati-
hou, le Rhun. — Toute l'année.
- G. barbata* (Engl. Bot.) Ag.
Sur les plages sablonneuses, Saint-Vaast; Tati-
hou. — Rare. — Octobre.
- Halurus equisetifolius* (Lightf.) Kütz.
Sur les rochers, Saint-Vaast; Tatihou, rare
en place, au nord du Cavat; le Dranguet.
— Toute l'année.
- Mcenospora pedicellata* (Engl. Bot.) Sol.
Sur les rochers, Saint-Vaast; Tatihou, assez
répandu. — Été, automne.
- Pleonosporium Borreri* (Sm.) Näg. (*Callithamnion*
Borreri (Engl. Bot.) Harvey).
Sur les parois des rochers, La Hougue. —
Automne.
- Callithamnion corymbosum* (Engl. Bot.) Lyngb. (*C.*
versicolor Ag.).
Sur les algues, Saint-Vaast; Tatihou. — Prin-
temps, automne, hiver.
Les variétés *amphi arpa* Thuret et *secundata*,
Harv., à la pointe de l'Épée, à la Hougue et
à Tatihou dans les huîtres.
- C. byssoides* Arnott.
Sur les algues, Corallines, *Codium*, La Hougue.
— Été, automne.
- C. roseum* (Roth) Harv.
Sur les *Fucus* dans les flaques vaseuses, Saint-
Vaast; Tatihou. — Printemps, automne.
- C. polyspermum* Ag.
Sur les *Fucus*, Saint-Vaast; Tatihou, les Anes.
— Mars, mai.
- C. Hookeri* (Dilw.) Harv.
Sur les algues, La Hougue. — Été, automne.
- C. tetricum* (Dillw.) Ag.
Sur les parois des rochers, La Hougue; île de
Terre de Saint-Marcouf. — Printemps, automne.
- C. tetragonum* (With.) Ag.
Sur les *Fucus* et les rochers, La Hougue; Tatihou,
entre le Cavat et San Hougue. — Été, automne.
- Seirospora Griffithsiana* Harv. (*Callithamnion versi-*
color Draparn.).
Sur les plages vaseuses, abondant à Saint-
Vaast; Tatihou, huîtres, la Dent. —
Été, automne, hiver.
- S. interrupta* (Sm.) Schm.
Forme des touffes minuscules sur *Dudresnaya*
rejeté : Tatihou, le Cavat.
- Compsothamnion gracillimum* (Harv.) Naeg.
Sur les rochers, assez abondant à Saint-Vaast;
Tatihou. — Été.
- C. thuyoides* (Sm.) Naeg.
Sur les rochers, La Hougue. — Été.
- Antithamnion Plumula* (Ellis) Thuret.
Sur les plages vaseuses, fréquemment sous la
forme *crispum* [*A. crispum* (Ducluz.) Thuret]
qui pousse entre les Zostères, Saint-Vaast;
Tatihou, le Rhun, la Dent. — Été, au-
tomne, hiver.
- Plumaria elegans* (Bonnem.) Schmitz.
Sur les rochers, répandu. — Fruct. hiver.
- Spyridia filamentosa* (Wulf.) Harv.
Sur les souches de Zostères des plages sablon-
neuses, répandu. — Toute l'année (fruct.
automne, hiver).
- Ceramium tenuissimum* (Lyngb.) J. Ag.
Sur les algues, La Hougue; Tatihou. — Automne.
- C. echionotum* J. Ag.
Sur les algues, La Hougue; Tatihou, la Dent. —
Automne.
- C. elegans* Ducl. (*C. strictum* v. *zostericola* Thuret;
C. diaphanum Crouan).
Sur les Zostères, Saint-Vaast; Tatihou, — Prin-
temps, hiver.
- C. Crouanianum* J. Ag. (*C. rubrum* v. *diaphanum*
Crouan).
Sur les algues, Saint-Vaast (Gomont). — Été,
automne.
- C. Deslongchampsii* Chauvin.
Sur les murs des quais, Saint-Vaast. — Prin-
temps, été.
- C. fruticulosum* Kütz. (*C. circinatum* Auct.).
Flaques des rochers, Saint-Vaast; Tatihou. —
Une grande partie de l'année.
- C. arborescens* J. Ag. (*C. decurrens* Auct.).
Flaques des rochers, Saint-Vaast; Tatihou. —
Une grande partie de l'année.
- C. ciliatum* (Ell.) Ducl.
Sur les algues, parmi les Zostères, Saint-
Vaast; Tatihou, Cavat, les parcs. — Été.
- C. rubrum* (Huds.) Ag.
Partout et très répandu. — Toute l'année.

- Espèce des plus polymorphes, que J. Agardh a scindée en un certain nombre d'autres.
- C. vimineum* J. Ag. (*C. rubrum* v. *virgatum* Ag.)
Avec le *C. rubrum* et dans les mêmes localités.
- C. pedicellatum* D. C. (*C. rubrum* v. *pedicellatum* Duby).
Avec le *C. rubrum* et aux mêmes lieux.
- C. flabelligerum* Ag.
Rochers et quais, La Hougue, jetée de Saint-Vaast, paraît rare ailleurs. — Fruct. juin-août.
- C. gracillimum* Griff. et Harv.
Sur les algues, Saint-Vaast ; Tatihou, le Rhun.
— Printemps, automne.
- C. strictum* Grev et Harv.
— Sur les plages sablonneuses, Saint-Vaast ; Tatihou, rare. — Avril, mai.
- C. diaphanum* (Lightf.) Roth.
Sur les algues et les pierres, Saint-Vaast, rare. — Été. Souvent confondu avec *C. elegans* Ducl.
- C. acanthonotum* Carm.
Sur les rochers, Saint-Vaast ; Tatihou, rare d'Ovit, peu commun. — Hiver, printemps.
- Rhodochorton membranaceum* Magnus.
Sur *Sertularia abietina* et *Hydrallemania falcata*, commun, La Hougue ; Tatihou. — Hiver, printemps.
- R. floridulum* (Dillw.) Näg.
Abondant sur la vase, les rochers, les murs de quais. — Fruct. décembre, février.
- R. Rothii* (Turt.) Näg.
Sur les rochers, les murs des quais, la Hougue ; Tatihou, face nord de l'îlet à la limite de la haute mer, fentes de la muraille de la Digue depuis Réville jusqu'à Saint-Vaast. — Fruct. printemps.
- Gloiosiphonia capillaris* (Huds.) Carm.
Dans les flaques sablonneuses, abondant à Saint-Vaast ; Tatihou, les huîtres. — Avril, juin.
- Grateloupia filicina* (Wulf.) Ag.
Vu par M. Malard dans des épaves venant de Saint-Vaast. — Été.
- Dumontia filiformis* (Fl. Dan.) Grev.
Abondant dans toute la région dans les flaques avec la variété *crispata* Grev. — Printemps.
- Dudresnaya verticillata* (With.) Le Jolis (*D. coccinea* Crouan).
Assez abondant à La Hougue ; Tatihou, en épaves, rare en place, la Dent, le Cavat. — Juillet, septembre.
- T. IV. — Fasc. 5.
- Dilsea edulis* Stackhouse [*Schizymenia edulis* (Stackh.) J. Ag.].
Sur les rochers, La Hougue ; Tatihou, en place au Cavat, la Dent ; Saint-Marcouf, dans la zone à *Plocamium*. — Toute l'année ; fruct. hiver.
- Halarachnion ligulatum* (Woodw.) Kütz. (*Halymenia ligulata* Ag.).
Sur les rochers, La Hougue ; Tatihou, rejeté au Cavat ; en place au Dranguet. — Été.
- Furcellaria fastigiata* (Huds.) Lamrx.
Sur les rochers, abondant. — Toute l'année ; fruct. novembre à février.
- Polyides rotundus* (Gmel.) Grev.
Rochers sablonneux, abondant. — Toute l'année ; fruct. octobre à janvier.
- Petrocelis cruenta* J. Ag.
Sur les rochers, Tatihou, la Dent ; îles Saint-Marcouf, rare. — Hiver.
- Cruoria pellita* (Lyngb.) Fries.
Sur les rochers, La Hougue ; Tatihou, la Dent. — Fruct. hiver, printemps.
- C. purpurea* Crouan.
Sur *Lithothamnium calcareum*, Grand Nord, au large de Tatihou. — Très douteux.
- Peyssonnelia atropurpurea* Crouan.
Sur les rochers, à l'extrême pointe nord-est de l'île du large de Saint-Marcouf, à très basse mer. — Fruct. automne, hiver.
- Rhodophysema Georgii* Batters (*Rhododermis Van Heurckii* Heydrich).
Sur les feuilles de Zostères, La Hougue ; Tatihou. — Été.
- Schmitziella endophlea* Born. et Batters.
Dans la membrane du *Cladophora pellucida*. — A chercher à Saint-Marcouf où on trouve le *Cladophora*. — Printemps, été.
- Choreonema Thureti* (Bornet) Schmitz.
Sur les *Jania*, La Hougue ; Tatihou. — Été, automne.
- Hilbrandtia Prototypus* Nardo (*H. rosea* Kütz.).
Sur les cailloux et les pierres, très répandu. — Toute l'année.
- Lithothamnium colliculosum* Foslie.
Sur les rochers, Saint-Vaast.
- L. calcareum* (Pallas) Areschoug.
Espèce polymorphe dont les formes suivantes ont été recueillies à la Hougue et au large de Tatihou où on les connaît sous le nom de *Petites Croix* : *squarrulosa* Foslie, *compressa*

- M. Calla, flabelligera* Foslie, *subvalida* Foslie.
L. Sonderi Hauck.
 Sur les pierres et les rochers, La Hougue ; Tatihou.
L. Lenormandi (Aresch.) Foslie.
 Avec le précédent et fréquemment mélangé, La Hougue ; Tatihou.
L. membranaceum (Esp.) Foslie [*Epilithon membranaceum* (Esper) Heydrich].
 Sur de nombreuses algues (*Furcellaria*, *Laurencia*, *Phyllophora*, *Cladophora pellucida*, *Cystoseira*, *Chondrus*, etc.) : La Hougue ; Tatihou, le Rhun, le Cavat, etc.
L. corticiforme (Kütz.) Foslie (*Lithocystis Allmanni* Harv).
 Sur plusieurs algues (*Gelidium*, *Laurencia obtusa*), etc. La Hougue ; Tatihou.
L. polymorphum (L.) Aresch. (*Phymatolithon polymorphum* (L.) Foslie).
 Sur les rochers, Saint-Vaast. — Paraît rare.
Lithophyllum incrustans Philippi.
 Sur les rochers, les pierres, abondant.
L. lichenoides (Ellis) Philippi.
 Sur les algues, Saint-Vaast. Paraît peu commun.
Dermatolithon pustulatum (Lamrx) Foslie.
 Sur de nombreuses espèces d'Algues (*Chondrus*, *Phyllophora*, etc.), La Hougue ; Tatihou, San Hougue.
D. macrocarpum (Rosan.) Foslie.
 Sur *Phyllophora rubens*, Tatihou, mare d'Ovit.
- Melobesia farinosa* Lamrx.
 Sur les Zostères et les algues, répandu. —
M. Lejolisii Rosan. [*Heteroderma Lejolisii* (Ros.) Foslie].
 Sur les Zostères, très répandu.
 La forme *limitata* Foslie sur *Laminaria flexicaulis* à Tatihou, le Rhun.
 Le *M. inæquilatera* Solms-Laubach, qui vit sur les *Aglaosphenia* fixés sur *Halidrys*, en est très voisin, si même il est en réellement distinct.
M. Corallinae Solms Laubach.
 Sur les *Corallina* et les *Jania*, La Hougue ; Tatihou.
Corallina officinalis L.
 Dans les flaques des rochers, répandu.
C. squamata Ellis.
 Parois verticales des rochers à très basse mer, flaques des rochers exposés au large, nord de l'île du Large de Saint-Marcouf ; le Dranguet.
Jania rubens (Ell. et Sol.) Lamrx.
 Plages sablonneuses, La Hougue ; Tatihou ; il remplace l'espèce suivante sur les rochers de la Roche-Joly et à Quinéville, entre les Zostères et à un niveau plus bas. Il se comporte vis-à-vis du *J. corniculata* comme le *C. squamata* par rapport au *C. officinalis*. — Peu répandu.
J. corniculata (L.) Lamrx.
 Sur les algues de préférence, La Hougue ; très commun à Tatihou, à un niveau assez élevé, sur *Cystoseira*, *Cladostephus*, etc.

OBSERVATIONS

Myxophyceæ.

Hyella. — MM. Bornet et Flahault ont les premiers appelé sérieusement l'attention sur les algues perforantes qui vivent dans le test calcaire des Mollusques ; ils ont fait connaître un certain nombre de plantes que l'on rencontre dans ces conditions. Les unes appartiennent au groupe des Algues bleues ; les autres, à celui des Algues vertes. Dans les Algues bleues, on trouve l'*Hyella cæspitosa* Born. et Flah. et le *Mastigocoleus testarum* (Lag.) Born et Flah., pour ne citer que les espèces les plus communes et les plus répandues.

L'*Hyella cæspitosa* habite le test des coquilles vivantes et mortes. Les taches sont d'abord petites, disposées en cercle et plus olivâtres que celles du *Mastigocoleus* ; plus tard, elles sont confluentes en réseaux et recouvrent de grandes parties de la coquille. Ce réseau fait paraître les coquilles « mouchetées comme les pétales d'une Fritillaire ». L'*Hyella*

est souvent mélangé au *Mastigocoleus* et au *Gomontia*. On ne voit pas par transparence les filaments qui forment les taches.

On rencontre fréquemment à Tatihou, sur les Balanes, l'*Hyella Balani* Lehm. dont nous donnons la diagnose publiée dans un recueil peu répandu (1).

« Thallo aut fusco aut subviridi in Balanorum conchas immerso, composito aut e cumulis cellularum vel nullo ordine vel non satis certa serie coacervatis solis aut ex hujus modi cumulis filisque vel simplicibus vel ramosis cellularum; cellulis diametro inter 4 et 8 μ , cellulis extremis longitudinem vel 20 μ exhibentibus. Propagantur aut dilapsis filorum cellulis ab inferiore parte, antea divisus, aut singulis cellulis aut sporis in sporangiis ovatis circiter 13 μ longis, 7-8 μ latis formatis. »

Le genre *Hyella* se compose actuellement de cinq espèces : deux d'eau douce, *H. fontana* Hub. et Jad. sur les rochers calcaires et *H. jurana* Chodat à thalle rouge ou pourpre; trois marines, *H. cæspitosa*, avec la variété *nitida* Batt. de couleur pourpre ou violacée, *H. endophytica* Börg. sur *Chondrus crispus* et *H. Balani*.

Mastigocoleus. — Le *Mastigocoleus* se présente sur les coquilles et les pierres calcaires sous forme de taches orbiculaires, gris-bleu ou violacé, qui deviennent confluentes et se détachent nettement sur le fond plus clair des coquilles. Si la coquille est mince, on voit à la loupe par transparence des taches formées de filaments rayonnants très fins (2).

MM. Bornet et Flahault (3) ont décrit sous le nom d'*Ostracoblabe implexa* une productino curieuse qu'ils ont rapportée à un champignon sans fructification et dépourvue de caractères significatifs. On trouve l'*Ostracoblabe* à basse mer sur les coquilles, seul ou mêlé aux autres algues perforantes. Si les coquilles qui le portent sont placées de façon à être rarement submergées, on y trouve des taches pigmentées de points noirs qui sont des apothécies et des spermogonies d'un *Verrucaria*. L'observation montre des filaments semblables à ceux de l'*Ostracoblabe*, prolongements de la couche gonidiale qui appartient surtout à *Mastigocoleus* et à *Hyella*. Le Lichen a pu être assimilé au *Verrucaria consequens* Nyl. qui se développe sur *Purpura Lapillus* et sur un certain nombre d'autres coquilles mortes.

Dermocarpa prasina. — Le *Catenella*, qui abonde dans la région, est souvent recouvert de petits tubercules, pourpre noir, à peine visibles à l'œil nu, qui forment des coussinets adhérents à la cuticule de l'algue. Il n'est pas sans intérêt de rappeler que Turner les avait pris, quoique avec quelque doute sur leur véritable nature, pour les organes de reproduction du *Catenella Opuntia*. J. Agardh n'en avait pas non plus reconnu la signification : « *Verrucas* quas memoravit Turnerus, ipse quoque vidi, cujus autem naturæ sint, mihi plane obscurum. Corpusculis obovatis consistere videntur ». (J. Agardh, *Spec. Algarum*, II, p. 353).

Lyngbya confervoides. — Cette algue paraît peu répandue. Elle se distinguerait du *L. æstuarii*, dont elle est très voisine, par ses mèches droites, non crispées et raides. Le

(1) LEHMANN, Ueber *Hyella Balani* (*Nyt Magazin for Naturvidenskaberne*, 1903).

(2) BORNET et FLAHAULT, Note sur deux nouveaux genres d'Algues perforantes (1889); Id., Sur quelques plantes vivant dans le test calcaire des Mollusques (1889).

(3) BORNET, Note sur l'*Ostracoblabe implexa* Born. et Flab. (1891).

L. æstuarii est d'une nuance sensiblement plus verte et la membrane des gaines devient souvent jaune vif en vieillissant.

Isactis plana. — Croît sur les pierres et les Algues les plus diverses, quelles soient vertes, brunes ou rouges; sa couleur est verte ou gris verdâtre. M. Bornet a remarqué, sans trouver d'ailleurs d'autres caractères distinctifs, que les filaments des individus verts ont toujours un diamètre un peu plus petit que les autres.

Brachytrichia Balani. — Espèce rare, à port de *Nostoc*, souvent mêlée au *Rivularia dura* dont elle se distingue par sa forme en petites masses brunes ou noirâtres, arrondies, à sillons et à plis irréguliers.

Chlorophyceæ.

Prasinocladus. — Le *Prasinocladus*, que l'on trouve à Tatihou, sur les vitres des bacs d'élevage, se distingue du *P. lubricus* Kuck. par la forme de ses zoospores. Dans ce dernier elles sont échancrées au point de fixation des cils, tandis que, dans l'autre, elles sont nettement piriformes ou atténuées au sommet.

Monostroma. — Le genre *Monostroma* a été créé par Thuret en 1854 (*Note sur la synonymie des Ulva Lactuca* et *latissima* L., suivie de quelques remarques sur la tribu des *Ulvacées*), pour les Ulves à fronde composée d'une seule couche de cellules et de consistance mucilagineuse, et par là intermédiaires entre les *Ulva* et les *Tetraspora*. Pour M. Wittrock, le genre *Monostroma* comprend toutes les Ulves membraneuses à une seule couche de cellules, quelle que soit la consistance de la membrane.

Nous extrayons du mémoire de M. Wittrock (1), la clef de détermination se rapportant aux espèces de notre région, en y joignant quelques espèces de Cherbourg qui pourront se rencontrer :

A. — Cellules de la partie monostromatique de la fronde placées horizontalement sur une coupe transversale :

Cellules ovales : chlorophylle ne remplissant pas toute la cavité de la cellule; partie supérieure de la plante épaisse de 15 à 18 centièmes de millimètre : *M. Grevillei* (Thuret) Wittrock.

B — Cellules de la partie monostromatique de la fronde placées verticalement sur une coupe transversale.

Cellules ovales ou hémisphériques; chlorophylle ne remplissant pas toute la cavité de la cellule :

1) Partie supérieure de la fronde épaisse de 30 à 33 centièmes de millimètre; épaisseur pas tout à fait deux fois aussi grande que la hauteur de la cellule : *M. oxycoccum* (Kütz.) Thuret.

2) Partie supérieure de la fronde épaisse de 32 à 40 centièmes de millimètre; épaisseur plus de deux fois aussi grande que la hauteur de la cellule : *M. orbiculatum* Thuret.

(1) V.-B. WITTRÖCK, Försök till en Monographi öfver Algsläktet *Monostroma* (1866). (Traduction Bornet.)

3) Partie supérieure de la fronde ayant une épaisseur de $1/3$ à $1/4$ plus grande que l'épaisseur de la cellule :

— Cellules ovales, isolées : *M. latissimum* (Kütz.) Wittrock.

— Cellules hémisphériques groupées par deux sur une coupe transversale de la fronde : *M. quaternarium* (Kütz.) Desmaz.

4) Partie supérieure de la fronde épaisse de 40-50 centièmes de millimètre ; épaisseur plus de deux fois aussi grande que la hauteur de la cellule ; chlorophylle ayant la même forme que la cellule : *M. laceratum* Thuret.

Le *M. orbiculatum* sera à rechercher ; il croît à Cherbourg. Le *M. laceratum*, trouvé d'abord par Thuret et Bornet à l'embouchure de la Saire, a été revu en 1911 au Cul-de-Loup de Morsalines.

Le *M. oxycoccum* ne serait, d'après Hauck, qu'une variété du *M. latissimum*. On pourra également rencontrer le *M. Wittrockii* Bornet qui rappelle le *M. orbiculatum*.

Les deux espèces sont difficiles à distinguer quand elles sont jeunes ; mais la première est purement marine et non des eaux saumâtres. De plus, ses frondes sont beaucoup plus petites et plus minces et ne forment pas des membranes orbiculaires et plissées. Le *M. obscurum* (Kütz.) J. Ag., qui croît aussi à Cherbourg, devra également être recherché ; il se reconnaît facilement à sa teinte vert-noirâtre.

Les *M. Grevillei* et *obscurum* appartiennent à la section *Ulvaria* (Ruprecht) J. Ag., caractérisée par la consistance de la fronde beaucoup plus ferme que dans les vrais *Monostroma* et non gélatineuse, ce qui les rapproche des Ulves.

Ulva Lactuca. — On a beaucoup discuté pour savoir quel était le véritable *Ulva Lactuca* de Linné. Le nom d'*U. Lactuca* a été donné à deux plantes très distinctes : l'une très commune partout et en tous temps ; l'autre plus petite, en forme de sac, se développant au printemps et plus rare (*Monostroma Grevillei* Wittr.). Thuret a montré que la première était bien l'*U. Lactuca*, et M. Wittrock l'a confirmé par des observations faites *in loco natali*. Si l'*U. Lactuca* de Gréville et d'Agardh était l'espèce linnéenne, il serait étrange que Linné n'eût pas connu la plante commune, déjà signalée et figurée avant lui.

Ou bien Linné a décrit la plante commune, ce qui est l'avis de ses contemporains et de la plupart des botanistes ses successeurs Roth, Wulfen, Smith, Esper, Lamouroux, etc., sauf Agardh et Gréville ; ou bien il ne l'a pas connue, et alors il aurait décrit une espèce rare qui n'a réellement été distinguée qu'après lui : « Il suffit, dit M. Bornet (1), d'énoncer une semblable conclusion pour en faire sentir l'absurdité. »

A l'*Ulva Lactuca* L., plante polymorphe, se rattache l'*U. rigida* Ag., plus rigide et plus coriace surtout à la base, comme forme.

Enteromorpha. — Les *Enteromorpha* constituent parmi les Ulvacées le groupe le plus embarrassant quand on veut arriver à des déterminations précises, et presque inextricable ; aussi les différents auteurs sont-ils loin de s'entendre sur la délimitation des

(1) THURET et BORNET, *Études phycologiques* (1878).

formes et leur synonymie. On a cherché des caractères dans la présence ou l'absence de ramification ou de prolifération du thalle, dans la forme des cellules et leur disposition plus ou moins régulièrement ordonnée ou irrégulière.

M. Reinbold (1) les a classés en deux groupes, d'après les caractères signalés plus haut ; J. Agardh (2) les a, de son côté, disposés en 9 sections qui tirent leur nom d'une des espèces caractéristiques : *micrococca*, *intestinales*, *Linza*, *compressa*, *crinita*, *per-cursæ*, *clathrata*, *ramulosæ*, *Linkianæ*. Mais les limites entre les sections ne sont pas toujours faciles à saisir.

Une dixième section peut y être jointe, comprenant le *Capsosiphon aureolus* sous le nom d'*Ilea* (J. Ag.) Wille.

L'examen minutieux de coupes transversales pratiquées, à plusieurs niveaux, sur le thalle, ses ramifications et proliférations, sera toujours indispensable pour arriver à une détermination aussi exacte que possible.

Ulothrix. — On a recueilli à Tatihou et à Saint-Vaast-la-Hougue deux espèces de M. Wille, qui n'avaient pas encore été vues en dehors de la Norvège : *U. pseudoflacca* et *consociata*, la dernière sur un piquet près de la Bécue.

Nous reproduisons ci-dessous une note très intéressante, relative à la nomenclature générique des Ulotrichées, extraite de l'herbier Thuret-Bornet :

« *Ulothrix* est le plus ancien nom, il date de 1833. *Hormiscia* a été établi par Fries pour le *Conferva penicilliformis* Roth (*C. hormoides* Lyngb.), c'est-à-dire pour une plante marine, celle même qui est devenue le type du genre *Urospora*. M. Kützing admit le genre *Hormiscia* quant au sens ; il y plaça, outre son *Hormidium flaccum* et l'*Hormiscia penicilliformis* de Fries, les *Conferva isogona* Engl. Bot., *Youngana* Dillw., *collabens* Ag. et *Wormskioldii* Fl. Dan., qui constituent un groupe si homogène que J. E. Areschoug inclinait à considérer toutes ces formes, sauf la dernière, comme appartenant à la même espèce. Mais M. Kützing, à juste titre, refusa d'accepter le nom d'*Hormiscia* trop semblable à celui d'*Hormiscium* qui existait déjà en mycologie, et il lui substitua celui d'*Hormotrichum*. C'est ce nom qui doit être conservé pour les Ulotrichées marines. Celui d'*Urospora* fait double emploi avec lui.

« La suppression très légitime du nom d'*Hormiscia* aurait, en outre, l'avantage de mettre fin à la confusion résultant de l'emploi qu'on en a fait dans les sens les plus divers. Contrairement à sa première destination, il a fini par servir à nommer des plantes exclusivement d'eau douce, et l'on nomme *Urospora* la plante même pour laquelle il a été créé.

« Actuellement le maintien du nom générique *Hormidium* dépend de la détermination exacte du genre auquel il faut rapporter l'*Hormidium varium* Kütz. Si ce nom d'*Hormidium* pouvait disparaître de la nomenclature et être remplacé par celui de *Stichococcus*, la clarté y gagnerait fort. »

Gomontia. — Le genre *Gomontia* a été créé par MM. Bornet et Flahaut pour le *Codiolum polyrhizum* Lagerheim. Il est fréquent sur les coquilles mortes, sous forme de

(1) REINBOLD, Die Chlorophyceen (Grüntange) der Kieler Föhrde (1890).

(2) J. AGARDH, Till Algernes systematik, 3, VI, *Ulvaceæ* (1882).

taches d'un vert clair, rappelant, à première vue, celles qui sont constituées par des germinations d'Algues vertes, mais ne s'effaçant pas quand on les frotte. MM. Bornet et Flahaut ont souvent rencontré avec le *Gomontia* dans la couche superficielle un *Ochlochaete* qui ne paraît pas différent de l'*O. dendroides* Crouan.

Stereococcus Malardii. — M. Wille (1) a donné ce nom à une nouvelle espèce recueillie à Saint-Vast-la-Hougue, dans l'escalier du port, par M. Malard, en compagnie du *Rhizoclonium riparium* et du *Prasiola stipitata*.

Nous en donnons ci-dessous la description :

« *Thallus pulvinatus, hand incrustatus. Fila basalia repentia cellulis rotundatis, erecta fila haud vel cristæ in modum ramosa, cellulis altero vel ter tanto longioribus quam latoribus, tumescentibus. Cellulæ interdum rhizoidibus unius cellulæ præditæ. Massa chlorophyllacea parietalis, vittæ vel chlamydis in modum formata, nucleis amy-laceis 1-pluribus. Propagatio fit akinetis rotundatis vel ovatis et zoosporangiis terminalibus vel lateralibus, quæ in apice ore lato aperiuntur.*

« Fila repentia 10-14 μ lata ; fila erecta 8-14 μ lata ; zoosporangia 20-25 μ lata.

« Habitat ad muros maris quod urbem St-Vaast-la-Hougue alluit ».

Cladophora. — M. Bornet avait fait, pour le classement des *Cladophora* de son herbier, une classification que nous reproduisons pour la partie qui s'applique aux espèces récoltées dans la région qui nous intéresse. Il faisait rentrer les espèces dans des sections qui portent le nom de l'espèce caractéristique :

Pellucidæ. — *Cladophora pellucida* Kütz.

Rupestres. — *C. rupestris* Kütz.

Hutchinsia. — *C. Hutchinsia* Kütz.

Utriculosæ. — *C. utriculosa* Kütz. ; *C. pectinicornis* Kütz.

Sericeæ. — *C. sericea* Kütz.

Crystallinæ. — *C. crystallina* Kütz.

Expansæ. — *C. expansa* Kütz.

Heterochloæ. — *C. heterochloa* Kütz.

Flexuosæ. — *C. glaucescens* Harv.

Albidæ. — *C. albida* Kütz.

Magdalenæ. — *C. Magdalenæ* Harv.

Il est probable que d'autres espèces de la région de Cherbourg seront retrouvées : *C. rectangularis* Harv. ; *Macallana* Harv. ; *vadorum* Aresch. ; *hirta* Kütz. ; *gracilis* (Aresch.) ; *flexuosa* Harv. ; *hamosa* Kütz. , etc.

La synonymie des *Cladophora* est extrêmement chargée. Nous citerons, pour en donner un exemple celle du *C. lætevirens* qui s'applique, suivant les auteurs, aux *C. utriculosa* Kütz. , *C. sericea* Kütz. , *C. fascicularis* Kütz. , *C. Hutchinsia* Kütz. , *C. expansa* Kütz. , *C. glaucescens* Harv. , *C. longissima* Kütz. , *C. macrogonia* Kütz. . Les *C. insignis* , *flexuosa* , *glomerata* , *fracta* , etc. , donneraient lieu à des observations synonymiques du même genre.

(1) WILLE, Algologische Notizen, XVI-XXI (Nyt Magazin for Naturvidenskaberne, 1910).

Ostreobium. — L'*O. Queketti* se rencontre assez fréquemment dans la couche naçrée qui recouvre la face interne des vieilles coquilles d'huîtres.

On a rapporté à une variété *rosea* Nadson, le *Conchocelis rosea* Batters que M. Batters place en tête des Floridées, dans les Porphyracées. D'après M. Nadson (1), cette variété ne se distinguerait du type que par sa coloration rouge due à un pigment voisin de la phycoérythrine ou même identique.

Cette coloration serait en relation avec l'habitat à de grandes profondeurs et du même ordre que celle qui caractérise le *Mastigocoleus testarum* var. *rosea* Schmidt ou l'*Hyella cæspitosa* var. *nitida* Batters.

Phæophyceæ.

Pylaiella seriata. — J'ai rencontré à Tatihou un *Pylaiella* qui ne me semblait pas correspondre exactement, par l'ensemble de ses caractères, au *P. littoralis*. M. Kuckuck y a reconnu une plante qu'il a trouvée à Helgoland et à laquelle il a donné le nom de *P. seriata* Kuck. mss.

Le *Pylaiella seriata* se distingue par sa ramification unilatérale et ses très longs sporanges pluriloculaires. Il rappelle l'*Ectocarpus longifructus* de Harvey et de Crouan, mais les caractères tirés du mode de ramification l'en éloignent suffisamment.

Ectocarpus. — On a fait des *Ectocarpus* le type classique de la reproduction chez les Phéosporées; mais la chose n'est pas aussi simple, comme l'ont bien montré MM. Bornet et Sauvageau (2).

Le mode de reproduction est, dans la réalité, très variable. Si nous prenons l'*Ectocarpus secundus*, nous trouvons une fécondation hétérogamique indiscutable. Dans l'*E. siliculosus*, existe un processus intermédiaire entre l'isogamie vraie et l'hétérogamie nettement différenciée. L'*E. Lebelii* ne présente pas de copulation en juillet-août. Peut-être les zoospores sont-elles fécondables dans d'autres mois? Ou bien ce sont des oosphères qui germent par parthénogenèse, ou bien de vrais zoospores?

Dans certaines espèces, on trouve des sporanges pluriloculaires de deux sortes, renfermant des *meiospores* et des *mégaspores* (*E. virescens*); dans d'autres, on observe des sporanges uniloculaires à *mégaspores* (*E. tomentosus*); dans d'autres telles qu'*E. pusillus*, en outre de ces sporanges uniloculaires, on voit des sporanges pluriloculaires à mégaspores, etc., etc. Il en résulte que les modalités de l'appareil fructifère sont très variées.

On avait séparé sous le nom de *Giffordia* Batters des espèces présentant des sporanges mâles ou anthéridies et des sporanges pluriloculaires qui pouvaient être des oogones. La chose est probable; mais cette division sépare des espèces très voisines et en réunit d'autres d'affinités différentes. Il semble, en effet, difficile de séparer *Ectocarpus*

(1) NADSON, Die perforierenden (Kalkborenden) Algen und ihre Bedeutung in der Natur (1900) (publié en russe avec résumé en allemand).

(2) SAUVAGEAU, Sur quelques Algues phéosporées parasites (1892); Id., Remarques sur la reproduction des Phéosporées et en particulier des *Ectocarpus* (1896); Id., Sur l'*Ectocarpus virescens* (1896); Id., Observations relatives à la sexualité des Phéosporées (1897).

(*Giffordia*) *secundus* des *E. Hincksiæ* et *granulosus*, ou *E. Lebelii* (*Giffordia*) des *E. simplex* et *globifer*, etc.

Au point de vue du parasitisme, le cas de l'*Ectocarpus fasciculatus* est très intéressant et bizarre. Ce parasitisme est tardif et ne commence que lorsque l'algue est le mieux capable de se suffire à elle-même, en provoquant ou non un cloisonnement cellulaire du substratum.

Streblonema. — Le genre *Streblonema* a subi jusqu'à ce jour bon nombre de vicissitudes. Créé en 1851 par Derbes et Solier pour l'*Ectocarpus sphæricus*, il a été adopté en 1862 par Pringsheim. En 1863, Thuret montrait que les caractères tirés des trichosporanges en forme de siliques et souvent ramifiés n'avaient pas autant de valeur que Pringsheim le supposait; il y plaçait 5 espèces à fronde filiforme rampant dans le thalle d'autres algues. Hauck plus tard en retirait *Streblonema investiens* et *velutinum* qu'il replaçait dans les *Ectocarpus*. De Toni considère comme *Streblonema* la plupart des *Ectocarpus* parasites, ce qui ne semble pas exact, le parasitisme étant dans ce cas en rapport avec la nature du substratum. Crouan, Reinke, Farlow, Rosenvinge, etc., font rentrer les *Streblonema*, comme section, dans les *Ectocarpus*.

Il serait préférable, d'après Sauvageau (1), et nous sommes entièrement d'accord avec lui, d'écarter du genre *Streblonema* toutes les plantes à filaments dressés, si on ne veut pas y faire rentrer les *Ectocarpus* qui vivent sur les algues spongieuses. Il faudrait le réserver à des plantes telles que *S. fasciculatum*, *sphæricum* etc., qui n'ont pas, à proprement parler, de filaments dressés. « Les filaments simples ou ramifiés, à la fois fixateurs et assimilateurs, indépendants et irrégulièrement écartés les uns des autres, s'allongent toujours par leur cellule terminale et non par un accroissement intercalaire; les poils incolores, à accroissement basal, sont, de même que les sporanges, sessiles ou portés par un pédicelle unicellulaire, ou d'un petit nombre de cellules, lesquelles, au lieu d'être cylindriques ou régulièrement doliiformes, comme celles des filaments dressés d'*Ectocarpus*, ont le même aspect irrégulier que celles des filaments rampants. »

Ascocyclus. — Les *Ascocyclus* diffèrent des *Myrionema*, par la présence de longues cellules, utricules gros, hyalins, vides, à parois épaisses que M. Magnus comparait aux paraphyses de certaines Urédinées, et auxquelles M. Sauvageau (2) a donné le nom d'*Ascocystes*.

L'*A. sphærophorus* vit sur le *Rhodymenia palmata*, sous forme de taches de 2 à 6 millimètres de diamètre, isolées ou confluentes entre elles, en compagnie de *Myrionema*, *Chilionema*, *Hecatonema*. Il conserve dans l'alcool une teinte brune due aux nombreux ascocystes remplis d'une matière tannique.

Les *Myrionémacés*, au contraire, pâlissent et deviennent grisâtres.

Sphacelaria. — Les *Sphacelaria* sont parasites ou non. Le premier cas se présente pour les *S. Hystrix* et *bipinnata*.

Le *S. Hystrix* est un parasite non intracellulaire. Il est muni de propagules qui germent en envoyant un cône de pénétration dans les *Cystoseira* qui doivent lui fournir

(1) SAUVAGEAU, Note préliminaire sur les Algues marines du golfe de Gascogne (1897).

(2) SAUVAGEAU, Sur quelques Myrionémacées, 1^{er} mémoire (1898).

la matière nutritive dont il a besoin. On lui connaît des organes fructifères pluriloculaires abondants et de deux sortes (anthéridies et oosphères très probablement). Les propagules sont destinés à la reproduction végétative. Il y a dans cette algue une alternance de génération entre une série d'individus sexués et une d'individus à multiplication exclusivement végétative.

Le *S. bipinnata* est également parasite sur *Halidrys* et *Cystoseira fibrosa*. Dans la Manche, il vit sur les *Halidrys* qui ne découvrent pas à basse mer, et on le rencontre sur les épaves encore très fraîches arrachées depuis peu. On le trouve en novembre avec des sporanges uni et pluriloculaires. Kützing en avait fait un *Stypocaulon*, à cause de ses abondants rhizoïdes.

Le *S. cirrosa*, quoiqu'abondant un peu partout, n'est pas aussi bien connu qu'on peut le supposer, et M. Sauvageau (1) en a refait l'étude. Il se multiplie surtout par la voie végétative par ses propagules qui sont fréquents, tandis qu'ils sont rares chez *S. bipinnata* qui a dû être souvent confondu avec lui. M. Sauvageau suppose que le *S. cirrosa* descendrait du *S. bipinnata* qui aurait perdu sa vie parasitaire.

Le *S. cirrosa* est très variable. On peut y distinguer les formes *septentrionalis*, *meridionalis* et *mediterranea* qui devront remplacer les formes *pennata* et *irregularis* mal caractérisées. Les touffes à sporanges uniloculaires sont peu communes, et celles à sporanges pluriloculaires très rares.

Le *S. cirrosa* n'est jamais parasite. C'est également le cas du *S. radicans*, dont le thalle rampant, formé de disques, donne naissance par certaines files radiales à des stolons qui engendrent de nouveaux disques.

On peut distinguer comme suit les *Sphacelaria* de notre région :

	{	non-parasite : <i>S. cirrosa</i> .
Ramification pennée		parasite sur <i>Halidrys</i> , <i>Cystoseira fibrosa</i> : <i>S. bipinnata</i> .
		parasite sur <i>Cystoseira ericoides</i> : <i>S. Hystrix</i> .

Ramification non pennée : *S. radicans*.

L'eau de Javelle colore en noir le thalle des Sphacélariacées et pas celui des Ectocarpacées.

Halopteris. — Les genres *Halopteris* et *Stypocaulon* ont été publiés en 1843, dans le *Phycologia generalis* par Kützing. Les deux genres ne reposant pas sur des caractères qui permettent de les conserver, le genre *Stypocaulon* doit être supprimé et rentrer dans *Halopteris* décrit quelques lignes plus haut.

L'*H. scoparia* est abondamment répandu, pendant une grande partie de l'année, sous les formes *æstivalis* et *hiemalis* : la première, à pennes plus longues, plus ou moins fastigiées-espacées, non strictement distiques, à pennules courtes peu divariquées ; l'autre à pennes plus courtes, distiques, rapprochées, divariquées, à pennules longues et ramifiées. Ces deux variétés ne correspondent pas exactement aux saisons que leur nom semble indiquer. La variété *æstivalis* correspond à la fin de la végétation de l'individu, et la variété *hiemalis* au début et surtout à sa renaissance, car on trouve les deux sur un

(1) SAUVAGEAU, Remarques sur les Sphacélariacées (1900-1904) ; Id., Sur les variations du *Sphacelaria cirrosa* et sur les espèces de son groupe (1903).

même individu. M. Sauvageau (1) s'en est assuré en étudiant l'origine des pousses adventives (pousses de remplacement ou de réparation) et a vu comment les phénomènes se passent.

L'*H. scoparia* est très rare à l'état fructifère (Saint-Vaast-la-Hougue, novembre). On a distingué sous le nom de *H. scoparioides* (Lyngb.), *H. Ulex* (Bonnem.), une forme non caulescente, plus ou moins rampante, à pennes beaucoup plus divariquées que dans le type, même insérées à angle droit et probablement habituellement stériles. On la trouve rampante sur d'autres algues ou enchevêtrée dans les Zostères avec la variété *patentissima* d'autres Sphacélariacées. C'est l'*H. scoparia* v. *patentissima* Sauvageau.

L'*Halopteris filicina* présente une variété *patentissima* Sauv. qui n'en est qu'une simple forme provoquée, semble-t-il, par certaines conditions extérieures de milieu, rampante sur d'autres algues ou enchevêtrée, comme la variété similaire de l'*H. scoparia*, parmi les fibres des Zostères, partout où croît le type. C'est le *Sphacelaria Sertularia* Bonnemaison.

L'*H. scoparia* forme des touffes compactes, lobées, brun foncé, croissant à mi-marée ; l'*H. filicina* est plus clair, avec les frondes plus étalées et pousse sur les rochers submergés.

Cladostephus. — On éprouve parfois des difficultés pour distinguer les *C. spongiosus* et *verticillatus*. Dans le *C. verticillatus*, les rameaux verticillés sont habituellement très divariqués, fortement recourbés vers le haut ; le sommet atteint le niveau du verticille du dessus ou le verticille suivant ; par suite, les verticilles sont plus distincts.

Dans le *C. spongiosus*, les rameaux sont plus fastigiés et plus longs, se recouvrant mutuellement sur une plus grande longueur. Ce dernier n'a jamais les sporanges uniloculaires emboîtés par 2, 3, 4 du *C. verticillatus*.

Le *C. verticillatus* habite la limite inférieure des marées de moyenne hauteur, sur des supports propres laissant à découvert son disque large et apparent ; au contraire, le *C. spongiosus* se plaît à un niveau supérieur, sur des rochers recouverts de sable qui cache son disque de petite taille.

La paternité du *C. verticillatus* (2) doit être reportée à Lyngbye ; c'est le *C. spongiosus* Kütz., tandis que Kutzing appelle *C. densus* le véritable *C. spongiosus*.

Punctaria. — Les punctuations dont est parsemée la fronde des *Punctaria latifolia* et *plantaginea* n'ont pas la même origine (3). Dans le premier, ce sont des agglomérations de sporanges ; dans le second, elles correspondent à des faisceaux de poils habituellement abondants. La différence s'observe de très bonne heure. Les jeunes individus du *P. plantaginea* apportent déjà une bordure de cils marginaux ; la base de ces poils présente une membrane plus épaisse, persistante, devenant brun foncé avec l'âge.

Litosiphon. — M. Sauvageau a rappelé que la graphie *Lithosiphon* n'avait aucune signification. Il faut de même écrire *Scytosiphon Lomentaria* et non *lomentarius* ; *Pylaiella* et non *Pilayella* [Sauvageau, *Scytosiphon, Litosiphon, Pylaiella et marchand de savon* (1908)].

(1) SAUVAGEAU, Remarques sur les Sphacélariacées (1900-1904).

(2) SAUVAGEAU, Recherche de la paternité du *Cladostephus verticillatus* (1906).

(3) BORNET, Études phycologiques (1878).

Colpomenia. — Le *Colpomenia* a été signalé pour la première fois en France dans l'Océan, par M. Fabre-Domergue, au mois de mai 1906. Il était fixé sur les coquilles des huîtres dans la rivière de Vannes. Il est probable qu'il y était introduit auparavant ; mais cette année-là a correspondu à une période d'invasion formidable. M. Sauvageau le retrouvait, la même année, à Belle-Ile et à Quiberon.

En 1907, l'excursion dirigée par M. le professeur Mangin le constatait à Gatteville et à Tatihou ; on le signalait à quelques jours d'intervalle à Cherbourg.

La même année, on le constatait encore au Croisic et en épaves à Vimereux, ainsi qu'en Angleterre, à Swanage et à Torquay. Depuis, on l'a revu à Jersey, sur plusieurs points de l'île d'Oléron et à Guéthary (Sauvageau).

En dehors de la rivière de Vannes et de Cherbourg, où on l'a trouvé fixé sur des rochers, des galets, des coquilles, il paraît être toujours épiphyte.

Les individus jeunes sont toujours pleins, puis ils se creusent en augmentant de volume.

Le *Colpomenia* se distingue du *Leathesia difformis* par sa teinte moins foncée, son aspect moins cérébriforme, et de plus on le rencontre à un niveau un peu plus bas. Il est plus précoce que le *Leathesia*. La structure des deux plantes est, d'ailleurs, absolument différente.

Elachista et *Myriactis*. — L'*Elachista fucicola*, si répandu sur les *Fucus*, est toujours superficiel. Il en est de même du *Myriactis pulvinata*, nettement épiphyte.

L'*Elachista stellulata* (1) est un parasite véritable du *Dictyota dichotoma*. Les dommages qu'il cause sont de deux sortes : les filaments envahissent les cellules ou les séparent mécaniquement de leurs voisines.

Il est commun à l'automne et au commencement de l'hiver, sur tout le versant sud de l'île de Tatihou, sur les frondes âgées de *Dictyota* qui vivent dans la zone des Zostères, sur les pierres à l'entrée de l'anneau de la Dent ; jamais ou presque jamais on ne le rencontre sur le versant nord où les *Dictyota* sont toujours propres. C'est dans cette même région qu'on voit l'*Aglaozonia* donner naissance au *Cutleria mutifida*. La récolte n'en est facile qu'aux grandes marées d'équinoxe.

Myrionema, *Chilionema*, *Hecatonema*. — Le *M. vulgare* Thuret est une algue des plus polymorphes, vivant sur un assez grand nombre de supports différents, d'où une synonymie confuse et fort longue que nous reproduisons :

Myrionema vulgare Thuret = *M. strangulans* Grev., *M. punctiforme* Harv., *M. maculiforme* Kütz., *M. ocellatum* Kütz., *M. Leclancherii* Harv., *M. intermedium* Foslie ; *Rivularia Leclancherii* Chauvin mss. ; *Phycocelis Leclancherii* Strömfelt ; *Ascocyclus Leclancherii* Reinke, *A. punctiformis* Batters ; *Phæosphærium punctiforme* Kjellm., *P. intermedium* De Toni.

On a invoqué, pour la création de ces distinctions spécifiques ou génériques, la présence ou l'absence de rhizoïdes, la simplicité des filaments dressés, etc., mais ces caractères n'ont aucune valeur, pas plus d'ailleurs que l'insertion des sporanges uniloculaires. M. Sauva-

(1) SAUVAGEAU, Sur quelques Algues phéosporées parasites (1900-1904).

geau (1) a fait connaître une nouvelle espèce, le *M. papillosum*, sur *Laminaria saccharina*, qui se rencontre dans notre région. Son aspect particulier est dû aux filaments avortés qui séparent fréquemment les filaments dressés entre eux et aux protubérances latérales que portent ces derniers, d'où le nom de *papillosum*. L'appareil sécréteur est moins nettement localisé que dans le *M. vulgare* et peut même manquer.

Le même algologue, que l'on a fréquemment l'occasion de citer quand il s'agit des Algues brunes, dont il a étudié quelques groupes avec un remarquable esprit de critique et d'observation, a créé également deux nouveaux genres *Hecatonema* et *Chilionema* dont l'aspect et le mode de vivre rappellent les *Myrionema*.

L'*Hecatonema maculans* vit sur l'*Ulva Lactuca* et le *Rhodymenia palmata*, sur le thalle desquels il forme des tâches petites, toujours isolées, dispersées çà et là, tandis que celles du *M. vulgare* sont toujours nombreuses et rapprochées, souvent soudées.

Le thalle est rampant comme chez les *Myrionema*. Les productions dressées sont très abondantes au centre, éparses dans la région moyenne. Les cellules rampantes stériles peuvent être beaucoup plus nombreuses que les fertiles (elles sont exceptionnelles dans les *Myrionema*).

Les filaments dressés atteignent des hauteurs différentes, ce qui tient à ce qu'ils apparaissent çà et là irrégulièrement au lieu de croître régulièrement du centre à la périphérie.

Dans le *Chilionema Nathaliae*, le thalle est comme dans les genres précédents ; mais les productions dressées sont groupées en îlots irréguliers et denses, séparés par des plages stériles, ou presque stériles, ce qui donne des taches brunes, non foncées au centre et graduellement fondues du centre à la périphérie, mais décomposées en taches secondaires, en îlots foncés irréguliers séparés par des portions plus pâles. On dirait à l'œil « un *Myrionema* dont les filaments dressés auraient été fauchés çà et là par un minuscule animal. Les parties foncées correspondent, en effet, aux îlots de filaments dressés, les parties claires aux parties stériles ou presque stériles du thalle rampant ».

L'*Ulonema rhizophorum* Foslie, qui vit sur *Dumontia filiformis*, présente de grandes ressemblances avec *Myrionema vulgare*. La seule différence réside dans la ramification éparses du thalle rampant. M. Foslie considérerait le genre *Ulonema* comme intermédiaire entre les *Ectocarpus* et les *Myrionema*, plus rapproché des premiers et en faisait une *Ectocarpacée*.

Castagnea. — Le *Castagnea caespitosa* Thuret n'est qu'une petite forme du *C. chordariaeformis* Thuret in herb. et qui n'en est pas séparable.

Le *C. chordariaeformis* est le *Myriocladia chordariaeformis* Crouan. Ce n'est certainement ni un *Cladosiphon* ni un *Nemacystus*, comme l'ont dit J. Agardh et M. de Toni.

Sporochnus pedunculatus. — Cette curieuse algue, observée plusieurs fois dans la région, n'a jamais été recueillie en place avec certitude. M. le D^r Bornet m'a souvent dit qu'il l'avait trouvée en très bon état, très fraîche, fixée encore à un petit caillou. Il est donc probable qu'elle croît dans le voisinage.

(1) SAUVAGEAU, Sur quelques Myrionémacées, 1^{er} mémoire (1898).

Laminaria. — Des trois Laminaires qui se trouvent dans la région, une, le *L. saccharina*, ne présente pas de difficultés de détermination. Le *L. Phyllitis* Auct., n'en est qu'une forme jeune avec laquelle on a quelquefois confondu de véritables *Phyllitis*.

Il n'en est pas de même des deux autres que l'on arrive à reconnaître avec un peu d'habitude. C'est Clouston, en 1834, le premier qui les a distinguées, et M. Le Jolis (1), dans un excellent travail, en a donné les caractères avec beaucoup de précision.

Sous le nom de *L. digitata*, on a longtemps confondu deux espèces distinctes : l'une, le *L. flexicaulis*, la plus commune, à stipe flexible et très élastique, légèrement comprimé, à peu près fusiforme, lisse et poli, jamais ou très rarement couvert d'algues, s'aplatissant nettement au sommet. Le passage du stipe au sommet ne se fait pas brusquement, mais graduellement, et la fronde est plus ou moins décurrente sur le stipe. Les racines sont disposées sans aucun ordre, sur un ou deux rangs. La fronde est très polymorphe et habituellement plusieurs fois plus longue que le stipe, de dimensions bien plus considérables que celle du *L. Cloustoni*, de consistance moins coriace, brun olive noircissant par la dessiccation.

Le stipe ne renferme pas de canaux à mucilage qu'on ne trouve que dans la fronde ; il ne présente pas de zones concentriques. Il se décompose rapidement. La fructification a lieu en été et en automne.

Le *L. flexicaulis* n'a pas de périodes de végétation nettement déterminées ; sa longueur et la grosseur de son stipe paraissent varier surtout avec la profondeur de l'eau. La fronde a un développement continu et indéfini et peut ainsi acquérir de très grandes dimensions.

L'autre espèce, le *L. Cloustoni* présente un stipe très rigide et cassant, même quand il est jeune ; il devient de plus en plus ligneux avec l'âge ; il est rugueux à sa surface et habituellement recouvert d'algues, arrondi, renflé à la base, s'amincissant vers le haut et restant arrondi. Les racines sont disposées par verticilles placés les uns au-dessus des autres. La fronde s'évase subitement au sommet du stipe, élargie et quelquefois cordiforme à sa base, presque toujours profondément laciniée ; sa longueur ne dépasse pas sensiblement celle du stipe. Elle est épaisse et coriace, brun rougeâtre même sur le sec. La plante toute entière donne un abondant mucilage visqueux. La fructification a lieu en hiver.

Le stipe est vivace ; il croît chaque année régulièrement en longueur et en grosseur et présente des zones concentriques. Il ne se décompose pas facilement et devient dur comme de la pierre. La fronde est annuelle et l'ancienne se détache vers le mois de mai, chassée par la jeune développée à sa base.

Le *L. Cloustoni* habite un niveau beaucoup plus bas que le *L. flexicaulis* et ne découvre qu'aux plus basses marées d'équinoxe. On voit alors pour ainsi dire la lisière d'une petite forêt se prolongeant au loin sous la mer et formée de frondes flottant comme des panaches au sommet des stipes qui restent dressés perpendiculairement. Il aime les récifs battus par les vagues.

(1) LE JOLIS, Examen des espèces confondues sous le nom de *Laminaria digitata* Auct., suivi de quelques observations sur le genre *Laminaria* (1^{re} édit., 1854 ; 2^e édit., 1855).

Le *L. flexicaulis*, au contraire, vient au niveau des basses-mers ordinaires, complètement couché et appliqué quand le flot se retire.

Les pêcheurs et les habitants du littoral avaient distingué ces deux plantes bien avant les algologues. Le *L. flexicaulis* est connu sous les noms vernaculaires d'*Anguiller*, (Cherbourg), *Foué*, *Toutrac* (Bretagne), *Tangle* (Orcades) ; le *L. Cloustoni*, sous ceux de *Mantelet* (Cherbourg), *Calcogne* (Bretagne), *Cuvy* (Orcades).

M. le Professeur Guignard (1) a étudié le mode de développement du tissu sécréteur spécial et la distribution des canaux mucifères dans les Laminariées. En ce qui concerne les espèces de notre région, on peut les distinguer comme suit :

Lame divisée. — Canaux mucifères dans le stipe et la fronde : *L. Cloustoni*.

Id. — Canaux mucifères seulement dans la fronde : *L. flexicaulis*.

Lame entière. — Canaux mucifères seulement dans la fronde : *L. saccharina*.

Le *Saccorhiza* ne présente de canaux ni dans le stipe ni dans la fronde.

Lithoderma. — M. Kuckuck a découvert à Tatihou le *Lithoderma adriaticum* Hauck qui n'était guère connu jusqu'alors en dehors de l'Adriatique (Kuckuck in litt.).

Les *Lithoderma* ont le même mode de vie et le même aspect extérieur que les *Ralfsia*. Il est difficile de distinguer les deux genres en l'absence de fructification.

Fucus. — Le *Fucus vesiculosus* présente de nombreuses variations pour la plupart insignifiantes et souvent dans le même lieu, à tel point que le type spécifique est d'une détermination à peu près impossible. Il ne serait pas téméraire, d'après Thuret, d'attribuer cette variation à la facilité avec laquelle il serait susceptible de se croiser avec ses congénères. Le *F. vesiculosus* peut même parfois ne pas présenter de vésicules et alors rappeler extérieurement le *F. platycarpus*.

Le *F. platycarpus* est également polymorphe, mais ses variations paraissent dues à la hauteur absolue du niveau auquel il croît, à son exposition au nord ou au midi, à la violence des vagues. Il est facile de se rendre compte, avec M. Sauvageau, que des échantillons pris à la même hauteur verticale, les uns sur un rocher étroit et isolé sur une plage, les autres sur une large jetée de maçonnerie, n'ont pas vécu dans les mêmes conditions biologiques.

M. Sauvageau (2) a bien montré que le nom de *F. platycarpus*, donné par Thuret en 1851, devait être adopté. La plante de Thuret est bien caractérisée, tandis que le *F. spiralis* est un capharnaüm aussi mal défini que possible. Thuret l'a toujours vu hermaphrodite ; J. Agardh dit qu'il a rencontré dans le Nord de l'Europe des *F. vesiculosus* également hermaphrodites. M. Sauvageau a rencontré à la Corogne des échantillons de *F. platycarpus* uniquement mâles sans trace, quel que soit l'âge, d'organes femelles. Quelques-uns présentaient dans le même conceptacle une prédominance du nombre des organes sur les anthéridies, mais pas un seul était exclusivement femelle.

On peut distinguer dans le *F. platycarpus* deux formes se reliant l'une à l'autre par des intermédiaires : forme à ramification fructifère latérale pennée et à réceptacles largement marginés qui serait le type var. *typica* ; et une autre à ramification fructifère co-

(1) GUIGNARD, Observations sur l'appareil mucifère des Laminariées (1892).

(2) SAUVAGEAU, Sur deux *Fucus* récoltés à Arcachon (*Fucus platycarpus* et *F. lutarius*) (1908).

rymbiforme (flabellée) et à réceptacles peu ou pas marginés, parfois même dépourvus de marge, qui serait la var. *spiralis* Sauvageau.

Habituellement le type, de grandes dimensions, se trouve au contact de la zone à *Fucus vesiculosus*, tandis que la variété *spiralis* se rencontre au contact de la zone des *Pelvetia*. Le *F. platycarpus*, ne porte pas de vésicules proprement dites, mais quelquefois des gonflements ou des poches cylindriques remplis d'air, parallèlement des deux côtés de la nervure. Ses larges réceptacles vésiculeux, ovales-obtus, marginés, le distinguent bien sous la forme typique du *F. vesiculosus* dont les réceptacles sont plus étroits, lancéolés et généralement terminés en pointe.

On trouve fréquemment en septembre une forme à frondes étroites, à réceptacles aussi longs que larges, qu'on prendrait facilement à première vue pour une forme sans vésicules du *Fucus vesiculosus*. Cette forme est répandue à Tatihou en plusieurs points, principalement sur les rochers qui avaient été grattés en vue d'étudier la croissance des *Fucus*. Elle répond bien à la figure 12 de M. Sauvageau. M. Gard a recueilli une forme semblable à Mimizan, au sud d'Arcachon, pendant l'automne dernier, et M. Sauvageau l'a vue, à la même époque, à l'île d'Yeu.

On pourra trouver le *F. lutarius* (Kütz.) à La Hougue (Cul-de-Loup) et à l'embouchure de la Saire. Il se plaît dans les estuaires et les stations vaseuses où croissent les *Spartina*, *Obione*, *Salicornia*, etc. Sa partie inférieure n'est pas fixée, mais elle s'enfonce dans la vase, émettant des pousses adventives qui le multiplient, ou bien il vit suspendu aux branches des phanérogames qui habitent ces localités spéciales. Il peut présenter des aérocytes et il dérive peut-être alors du *F. vesiculosus*; d'autres fois il n'en présente pas et il pourrait être une adaptation limicole du *F. platycarpus*.

Le *F. ceranoides*, de l'embouchure de la Saire, est hermaphrodite. Dans la plupart des localités où il a été signalé, il est dioïque.

Il serait peut-être osé de dire que les *F. platycarpus* et *vesiculosus* présentent tous les états de passage et qu'il n'y aurait en réalité qu'une seule espèce. Nous ne serions pas éloigné de le croire.

Nous avons dit plus haut qu'il était possible que les variations du *F. vesiculosus* pouvaient être dues à des croisements. On sait que Thuret a fécondé le *F. vesiculosus* (femelle) avec le *F. serratus* (mâle) et toujours avec succès. Il a obtenu des germinations plus ou moins nombreuses qui se sont très bien développées; mais l'inverse n'a jamais pu être réalisé. On a rencontré à Cherbourg un hybride de même origine. Il est probable qu'il se retrouve autre part et qu'on rencontrera d'autres produits de croisements partout où croissent les *F. vesiculosus* et *platycarpus*.

D'après des observations récentes faites par M. Stomps (1), à Nieuport, l'humidité serait la cause qui déterminerait la séparation des deux étages occupés par les *F. platycarpus* et *vesiculosus*, très tranchée aux bords immédiats de la mer. En s'éloignant, la distinction entre les deux espèces deviendrait presque insignifiante et la présence de formes intermédiaires ne laisserait aucun doute sur leur passage au *F. ceranoides*.

(1) THÉO. J. STOMPS, Études topographiques sur la variabilité des *Fucus vesiculosus* L., *platycarpus* Thur. et *ceranoides* L. (1911).

Il n'y aurait qu'une seule espèce avec deux groupes : l'un à aérocystes typiques ; l'autre à organes hermaphrodites, à réceptacles marginés, à variabilité plus ou moins grande dans la ramification. Le premier groupe produirait le *F. vesiculosus* ; le second, le *F. platycarpus*. Il existerait deux formes à mêmes caractères héréditaires, les uns demeurant actifs, les autres restant latents ; le degré d'humidité ou de sécheresse agirait sur ces caractères héréditaires en les modifiant, ce qui expliquerait les passages entre les deux *Fucus*. Le *F. vesiculosus* pourrait acquérir quelques-uns des caractères du *F. platycarpus* avec des réceptacles marginés et en perdant ses aérocystes ; le *F. platycarpus*, de son côté, pourrait se présenter avec des boursouflures.

Il ne resterait aucun caractère essentiel pour distinguer les deux espèces, d'autant plus qu'on a trouvé le *F. vesiculosus* hermaphrodite et le *F. platycarpus* à réceptacles uniquement mâles ou bien présentant beaucoup d'anthéridies et peu d'oogones, ou bien encore beaucoup d'oogones et quelques anthéridies seulement.

Dans le *F. ceranoides*, vivant dans l'eau saumâtre soumise à la marée, les deux systèmes de caractères seraient plus ou moins actifs en même temps.

Les *Fucus* se rangeraient dans la catégorie de la dichogénie totale. Les *F. vesiculosus* et *platycarpus* seraient les deux types d'une même race douée de dichogénie. Leur séparation serait déterminée par l'humidité et le *F. ceranoides* constituerait l'état intermédiaire.

On n'a jusqu'ici que peu de données sur la croissance des *Fucus*. J'ai institué quelques expériences à ce sujet en novembre 1908 (1), à Tatihou. Sur des rochers soigneusement grattés, la poussée des *Fucus* a été d'abord très lente pendant les deux premières années ; puis elle s'est accélérée de 1910 à 1911. Au 15 avril 1911, les échantillons de *Fucus platycarpus* mesuraient jusqu'à 32 centimètres de hauteur et n'étaient pas moindres de 18.

Cystoseira. — On rencontre plus ou moins abondamment à Tatihou et dans la Hougue trois espèces de *Cystoseira* : *Cystoseira ericoides* qui fructifie en été, remarquable par son iridescence ; *C. granulata*, fructifiant à la fin de l'hiver et au printemps, reconnaissable aux nodosités en forme d'olive que l'on trouve à la base d'un certain nombre de rameaux primaires et *C. fœniculacea*, brunâtre ou jaunâtre, pas iridescent, à rameaux plus ou moins distiques, souvent épineux et ne fructifiant qu'après le mois d'avril. Ces trois espèces sont souvent mélangées à quelque distance de la côte ; puis, en s'avancant, on trouve le *C. ericoides*. En s'avancant plus loin, tout à fait à basse mer, dans les endroits battus, croît le *C. fibrosa*, de teinte jaunâtre, à rameaux primaires plats, qui n'a pas encore été rencontré dans notre région, mais existe à Gatteville et à Cherbourg.

Je rappellerai que l'ancien *C. discors* de la Manche et de l'Océan n'est pas le vrai *C. discors* qui ne se trouve que dans la Méditerranée ; il doit porter le nom de *C. fœniculacea*. M. Sauvageau (2) vient de faire observer que le *C. fœniculacea* possède des concep-

(1) P. HARIOT, Sur la croissance des *Fucus* (1909).

(2) C. SAUVAGEAU, Sur les espèces de *Cystoseira* ; Id., Sur les *Cystoseira* à anthérozoïdes sans points rouges ; Id., Sur le passage des conceptacles aux cryptes pilifères des *Fucacées*, etc. (1911).

tacles pilifères et des anthérozoïdes sans point rouge. Ce dernier caractère, commun à quelques autres espèces de *Cystoseira*, n'avait encore été signalé que chez le *Pelvetia canaliculata* par Thuret.

Florideæ.

Chantransia et *Acrochætium*. — Le genre *Chantransia* a été fait pour des espèces d'eau douce que l'on sait maintenant être des états de développement des *Batrachospermum*. Il semblerait donc qu'il dût être abandonné. Dans cette intention, Nägeli avait créé, en 1861, le genre *Acrochætium*. Malgré cela, le genre *Chantransia* a été maintenu pour les espèces marines, et les plantes d'eau douce ont été versées dans les *Auduinella* Bory (*Pseudo-chantransia* Brand).

Le genre *Acrochætium* n'a pas été cependant abandonné et, parmi les algologues, il en est comme M. Batters qui admettent seulement *Acrochætium*, tandis que d'autres, tel M. Kolderup-Rosenvinge, ne reconnaissent que le genre *Chantransia*.

M. Bornet (1) a pensé qu'au lieu de substituer un genre à l'autre, il valait mieux les conserver tous deux, en réservant *Chantransia* aux espèces présentant à la fois des spores et une reproduction sexuée, et *Acrochætium* à celles qui ne fournissent que des spores.

En adoptant cette proposition qui nous semble équitable, on devra faire rentrer dans les *Acrochætium*, les *A. virgatulum*, *secundatum*, *Daviesii*, *endozoicum*, et dans les *Chantransia*, les *C. Thuretii* et *microscopica*.

M. K. Rosenvinge (2), qui n'admet que le genre *Chantransia*, divise ce dernier en deux sous-genres : *Euchantransia* (qui comprendrait tous nos *Chantransia* et *Acrochætium*), caractérisé par un seul chromatophore, des carpospores naissant dans la dernière cellule des filaments sporogènes, que la plante soit ou non sexuée, et *Grania*, sexué ou non; à plusieurs chromatophores longs et spiralés, à carpogones souvent intercalaires et à carpospores disposées en série.

La description du *C. corymbifera* dans Le Jolis (*Liste des Algues marines de Cherbourg*), s'applique à deux espèces différentes: l'une, qui doit garder le nom donné par Thuret, qu'on ne rencontre que sur l'*Helminthocladia purpurea* absent de la région qui nous intéresse, et l'autre sur *Ceramium rubrum* qui devient le *C. Thuretii*.

L'*A. endozoicum* est parasite; les autres *Acrochætium* et *Chantransia* ne sont qu'épiphytes.

Gelidium. — Le *G. corneum*, tel qu'on le comprenait autrefois, constitue une algue des plus polymorphes, dans laquelle on faisait rentrer, à titre de variétés plus ou moins distinctes, tous les *Gelidium* de nos côtes. On pourrait le croire, d'après l'examen des échantillons conservés dans les herbiers, d'après les formes généralement appauvries de la Normandie; mais il n'en est plus de même, si l'on observe sur place dans le golfe de Gascogne, ainsi que l'a bien remarqué M. Bornet. Là, les *Gelidium* croissent par milliers de touffes sans se mêler les uns aux autres. Leur aspect est tout à fait variable, ainsi d'ailleurs que leur époque de fructification.

(1) BORNET, Deux *Chantransia corymbifera* Thuret : *Acrochætium* et *Chantransia* (1904).

(2) KOLDERUP-ROSENVINGE, The marine Algæ of Denmark, I, *Rhodophyceae* (Bangiales and Nemalionales) (1909).

Dans la région qui nous occupe, le groupe du *G. corneum* est surtout représenté par le *G. latifolium* Bornet. On pourra y rencontrer le *G. attenuatum* Thuret, qui a été signalé en Angleterre avec le *G. sesquipedale*. Il forme une des plus grandes espèce du genre, de dimensions atteignant presque le *G. sesquipedale* dont il se distingue par ses frondes plus étroites, plus minces et ses dernières pinnules atténuées en pointe, d'où le nom qui lui a été donné.

Il ne serait pas surprenant d'y observer également le *Pterocladia capillacea* Born. (*G. corneum* v. *pinnata* et *capillacea* de la plupart des algologues), de grandes dimensions comme les précédents auxquels il ressemble beaucoup. Dans le *Gelidium*, le cystocarpe est formé de deux péricarpes adossés, séparés par une cloison qui porte les spores sur ses deux faces; dans les *Pterocladia*, le péricarpe est simple et les spores sont disposées sur un placenta adhérent au fond de ce péricarpe; les spores sont en chapelet à la surface du placenta, tandis qu'elles sont libres entre elles dans les *Gelidium*.

Chondrus et *Gymnogongrus*. — On peut être embarrassé pour distinguer entre eux les *Chondrus crispus* et *Gymnogongrus norvegicus*. Leur aspect est sensiblement le même. Le *Chondrus* est plus ferme au toucher, de teinte pourpre foncé ou légèrement brunâtre; le *Gymnogongrus* est plus mou et plutôt rose.

La structure des deux plantes est totalement différente. Le thalle du *Chondrus* présente une région médullaire formée de filaments longitudinaux, tandis que la partie centrale du thalle du *Gymnogongrus* est constituée par de grosses cellules qui diminuent de dimensions en allant vers la périphérie.

Les caractères tirés des organes sexuels sont également différents. Chez le *Chondrus*, les cystocarpes forment une saillie sur une des faces du thalle, tandis que ceux du *Gymnogongrus* sont saillants sur les deux faces. Chez le *Gymnogongrus*, les sporanges sont inconnus. On a longtemps pris pour les tétrasporanges un parasite, l'*Actinococcus peltæformis* Schmitz.

Ahnfeltia. — On ne connaît chez l'*A. plicata* ni organes reproducteurs sexuels, ni sporanges. On a considéré comme tels (sporangies) une petite algue parasite, le *Sterrocolax decipiens* Schmitz.

Catenella. — Les productions que l'on rencontre fréquemment sur le *Catenella*, et que Turner avait pris pour des organes de fructification, sont constitués par une Myxophycée, le *Dermocarpa prasina*.

Gracilaria. — Le *Gracilaria compressa* est une des bonnes caractéristiques de la flore marine de la Hougue; il manque à Cherbourg. On le rencontre très fréquemment en place en hiver, dans la région du Petit-Cavat, surtout dans l'anneau qui l'entoure et dont le courant est une dérivation de celui du Rhun. Il croît sur les pierres, au milieu des *Cystoseira*, du *Cladostephus verticillatus*, dans des régions formées de sables grossiers ou vaseux.

Hypnea. — L'*Hypnea musciformis* n'a été rencontré qu'une seule fois par Gomont, dans les huîtres du Rhun. Il est probable qu'il a été apporté d'Arcachon avec des coquilles d'huîtres. S'il ne s'y est pas maintenu, c'est qu'il n'a pas trouvé à Tatihou les conditions favorables nécessaires à son acclimatation.

Polysiphonia. — On rencontre à Tatihou, sur les petits cailloux du Rhun, vers le milieu

de la chaussée, sur un fond de gravier recouvert de quelques centimètres d'eau, une espèce de *Polysiphonia* dont les caractères se sont toujours maintenus constants. Thuret et Bornet l'ont récoltée toujours identique pendant une vingtaine d'années, et je l'y ai retrouvée dans les mêmes conditions en 1909.

Ce *Polysiphonia*, auquel a été donné le nom de *P. rhunensis*, ressemble beaucoup au *P. fibrata*. Mais, chez le *P. fibrata*, on trouve à la base ou dans la partie moyenne du thalle des siphons intercalaires qu'on n'observe jamais dans le *P. rhunensis* où il n'y a que les quatre siphons primaires. Les filaments dressés naissent d'un plexus irrégulier rampant fixé au substratum par de nombreux crampons; ils sont ramifiés dès la base.

Le *P. insidiosa* en est également très voisin. Sur le vivant, ce dernier est grisâtre; il forme des touffes arrondies très régulières, qu'on croirait avoir été taillées aux ciseaux; le pigment est rassemblé à l'angle interne des loges et appliqué contre le tube central; la paroi externe est entièrement incolore, ce qui probablement est la cause de la coloration particulière que présente cette plante.

Le *P. rhunensis* est rouge-brun et le pigment forme une couche uniforme sur toute la paroi des siphons. Il ne paraît pas avoir encore été signalé avec certitude en dehors du Rhun.

Le *P. foetidissima*, qu'on ne trouve que dans la région de la Hougue, forme de belles touffes d'un très beau rouge-pourpre, très molles au toucher et comme gélatineuses, qui se décomposent très rapidement. Ces touffes sont constituées par des filaments couchés, radicans, enchevêtrés si fortement qu'on ne peut, à la dissection, les séparer sans les rompre.

Je rappellerai que c'est sur le *P. fastigiata* qu'Ellis a signalé pour la première fois, en 1767, les anthéridies des Floridées. Il les a décrites d'une manière très reconnaissable.

Ceramium. — Les *Ceramium* ont été, de la part de J. Agardh, l'objet d'un travail où les espèces déjà connues ont été pulvérisées d'une façon peut-être exagérée. Aux dépens du *C. rubrum*, il a fait revivre le *C. pedicellatum* D.C. (*C. rubrum* v. *pedicellatum* Le Jolis) et a distingué au point de vue spécifique le *C. vimineum* J. Ag. (*C. rubrum* v. *virgatum* Ag.).

Le *C. vimineum* appartiendrait à la même section que le *C. rubrum* typique qui devient difficile à distinguer, celle des *Dolicharthria*, à articles allongés plus longs que larges, à zones obscures et subdiaphanes assez nettes. Quant au *C. pedicellatum*, il serait un représentant de la section *Brachyarthria*, dans laquelle le diamètre des articles inférieurs est sensiblement le même dans les deux sens, à zones peu différenciées.

Il est vraisemblable que ces différences, sensibles sur des spécimens choisis, ne sont pas sans présenter des dispositions intermédiaires.

La plus grande confusion a longtemps régné au sujet des *Ceramium diaphanum*, *strictum*, *circinatum* et *decurrens*, et les auteurs ne paraissent pas bien s'entendre encore au sujet de ces quatre algues.

Sous le nom de *C. diaphanum*, on comprend habituellement les *C. fastigiatum*, *tenuissimum*, *elegans* et même *fruticulosum*.

Le *C. strictum* est souvent confondu avec le *C. elegans*; le *C. circinatum*, avec le *C. fruticulosum* et, sous le nom de *C. decurrens*, on entend ordinairement le *C. arborescens*.

Il existe quatre espèces bien définies, caractérisées par la présence d'aiguillons sur les zones : ce sont les *C. acanthonotum*, *echionotum*, *ciliatum* et *flabelligerum* qu'on peut facilement reconnaître :

1^o Cortication complète, pas d'interstices (zones) pellucides ; épines non verticillées et colorées : *C. flabelligerum*.

2^o Cortication incomplète, interstices pellucides :

a. Épines verticillées, hyalines, articulées : *C. ciliatum*.

b. Épines non verticillées :

Articulées et colorées : *C. acanthonotum*.

Non articulées et hyalines : *C. echionotum*.

Furcellaria et *Polyides*. — D'aspect très semblable, ces deux algues se distinguent avec un peu d'habitude. Les frondes du *Polyides* sont fixées par un disque ; celles du *Furcellaria* sont adhérentes au substratum par des crampons radicaux. La structure est sensiblement identique dans les deux genres, mais les fructifications sexuées et asexuées sont totalement différentes.

Cette similitude de thalles avec des organes fructifères différents se retrouve dans *Callithamnion* et *Spermothamnion*, *Griffithsia* et *Bornetia*, *Lomentaria* et *Chylocladia*.

On trouve, par contre, une structure toute différente dans des genres où les fruits sont identiques : *Polyides* et *Dudresnaya* par exemple.

Cruoria, *Petrocelis*. — Les *Cruoria* et *Petrocelis* se ressemblent beaucoup extérieurement. Il est indispensable de recourir à l'examen microscopique pour les distinguer. Ils appartiennent au groupe des *Cruorieæ* de la famille des Squamariacées caractérisé par les filaments végétatifs de la fronde soudés latéralement mais restant lâches :

1^o Sporangies zonés fixés latéralement et isolés sur les filaments : *Cruoria* Fries ;

2^o Sporangies divisés irrégulièrement en croix, isolés ou en série, issus des articles des filaments et par suite intercalaires : *Petrocelis* J. Ag.

Les *Peyssonnelia* Decsne s'en éloignent par les filaments végétatifs fortement soudés latéralement, la couche basilaire du thalle formée de séries de cellules rayonnantes, les sporangies et les organes sexués mâles et femelles développés sur des individus différents. Les sporangies sont en croix et forment des némathécies. Les *Peyssonnelia* appartiennent au groupe des *Squamariæ*.

Les *Hildbrandtia* Nardo sont caractérisés par la disposition des sporangies logés dans des conceptacles ou cryptes ouverts. Je ferai remarquer que l'orthographe du nom générique varie suivant les auteurs. On trouve *Hildebrandtia*, *Hildenbrandia*, *Hildenbrantia*, *Hildenbrandtia* et *Hildbrandtia*. Si l'on applique à la lettre la loi de priorité, c'est la graphie *Hildbrandtia* qui doit être adoptée, d'accord en cela avec Nardo le créateur du genre (Nardo, De novo genere Algarum, *Isis*, 1834, p. 675). On pourrait peut-être objecter que Nardo lui-même, en 1835, dans un autre ouvrage, a écrit *Hyldenbranthia* et *Hildenbranthia*.

Le genre *Rhodophysema* Batt. est plus difficile à classer, en raison de l'absence des cystocarpes. On a proposé de le placer près des *Halosaccion*.

Mélobésiées. — On sait combien les Mélobésiées sont difficiles à déterminer. Les carac-

tères génériques sont tirés de la disposition des organes fructifères qui font souvent défaut et par suite on éprouve de la difficulté à rapporter une espèce au genre auquel elle appartient. Mme Paul Lemoine (1) a montré dans un travail récent que la structure du thalle peut donner de très utiles indications pour fixer le genre et même déterminer l'espèce. Les *Lithothamnium* et *Lithophyllum* sont ainsi nettement précisés.

Le *Lithothamnium calcareum* est une espèce polymorphe dont les formes *squarrulosa*, *compressa*, *flabelligera* et *subvalida* se rencontrent dans la région de la Hougue où les pêcheurs les connaissent sous le nom de *Petites Croix*. Il vit toujours sur des fonds de sable ou de vase, à une profondeur qui varie entre 5 et 25 mètres (en général de 10 à 14 mètres dans la région).

Le *L. Sonderi*, aussi sinon plus commun que le *L. Lenormandi* avec lequel il croît souvent mélangé sur un même substratum, se distingue de son congénère par son thalle plus épais à bords habituellement libres et relevés.

Nous laissons avec Mme P. Lemoine le *Lithothamnium polymorphum* parmi les *Lithothamnium*, quoiqu'on en ait fait le type du genre *Phymatolithon*, les caractères de ce dernier genre ne se distinguant pas nettement de ceux des *Lithothamnium*. On pourrait en faire tout au plus le type d'une section ou d'un sous-genre. Il paraît fort rare et a été souvent confondu avec le *Lithophyllum incrustans*.

Le *Lithophyllum lichenoides* est une espèce ambiguë au point de vue générique. On a l'habitude d'en faire un *Lithothamnium*; on peut tout aussi bien en faire un *Lithophyllum*. C'est, d'après Mme P. Lemoine, la seule espèce de celles qu'elle a étudiées, dans laquelle il n'y a pas concordance parfaite entre les caractères tirés de la structure du thalle et ceux des organes fructifères. La structure est celle d'un *Lithophyllum*; mais les conceptacles à tétraspoires ont leur toit percé de canaux nombreux comme chez les *Lithothamnium*. Il y aurait là une espèce de transition très intéressante entre les deux genres.

Choreonema Thureti. — Dans le *Choreonema*, la partie végétative est filamenteuse, vit dans l'intérieur du support au lieu de former à sa surface les expansions habituelles des *Melobesia*. Le *Ch. Thureti* se rencontre fréquemment sur les *Jania*, le *Corallina squamata*, mais pas sur les *C. officinalis* et *mediterranea*.

Corallina et *Jania*. — Des deux espèces de Corallines qui croissent dans la région de la Hougue, le *Corallina officinalis* est de beaucoup la plus commune. L'autre, le *Corallina squamata* pousse à un niveau plus bas, dans des localités plus battues par les vagues et est beaucoup plus rare.

Le *Corallina officinalis* est fixé à son support par un disque orbiculaire s'accroissant à sa périphérie comme les *Melobesia*. Dans le *C. squamata*, la partie basilaire est formée de filaments radicans entrelacés.

On pourra rencontrer le *C. mediterranea* Aresch., souvent considéré comme forme du *C. officinalis*, qui croît dans la région de Cherbourg. Il se distingue du *C. officinalis* par ses conceptacles qui portent des cornicules analogues à ceux des *Jania*. Son mode de fixation est le même. Il a déjà été indiqué par Lamouroux sur les côtes du Calvados.

(1) Mme P. LEMOINE, Structure anatomique des Mélobésiées (1911).

Les *Jania* doivent-ils être séparés des *Corallina*? Les meilleurs algologues de ces derniers temps ont réuni les deux genres. M. Yendo (1) les a de nouveau séparés. Dans les *Corallina*, les rameaux seraient pennés; dans les *Jania*, dichotomes. Lamouroux (2) définissait les *Jania*: polypiers muscoïdes, capillacés, *dichotomes*, articulés; et les *Corallina*: polypiers phytoïdes, articulés, rameux, *trichotomes*. Il est assez difficile de se prononcer sur la valeur réelle des deux genres, quoique nos espèces indigènes se distinguent aisément au point de vue générique, à simple vue.

Les *Jania rubens* et *corniculata* constituent-ils deux espèces distinctes ou seulement deux variétés? Je pencherais volontiers pour la dernière hypothèse. Les caractères différentiels ne sont pas toujours très distincts.

Lamouroux définissait le *J. rubens* « articulis stirpium teretibus, dichotomiæ clavi-formibus » et le *J. corniculata* « articulis stirpium bicornibus, ramulorum teretibus ». La diagnose française n'est guère plus explicite:

J. rubens: « articulations des dichotomies en forme de massue, toutes les autres cylindriques »;

J. corniculata: « articulations des tiges ou des rameaux légèrement comprimées dans leur partie inférieure, les côtés se terminant en appendices sétacés plus ou moins longs ».

Les différences se réduisent donc à des articles cylindriques dans le *J. rubens*, tandis qu'ils sont souvent comprimés et habituellement pourvus sur les bords d'un processus épineux (cornicule) dans le *J. corniculata*.

Areschoug (3) avait déjà exprimé des doutes: « Species, si formas ejus maxime evolutas respicis, omnium sine dubio distinctissima, sed sæpe notæ essentielles in variis specimenibus obliterantur ita, ut utrum Janiam rubentem an hanc ante oculos habeas, dubitare merito sit licitum ».

CONCLUSIONS

Il résulte du travail ci-dessus que la Flore algologique de la Hougue (4) et de Tatihou renferme 409 espèces dont deux sont endémiques, le *Polysiphonia rhunensis* et le *Stereococcus Malardii*: ce nombre doit être considéré comme provisoire, car il s'accroîtra certainement à mesure que les petites espèces parasites et endophytes seront plus soigneusement observées.

Je crois devoir donner des indications qui seront utiles pour les récoltes, dans une série de listes comprenant les espèces que l'on peut recueillir aux diverses époques de l'année.

(1) YENDO, A revised list of Corallineæ (1905).

(2) LAMOUROUX, Histoire des Polypiers coralligènes flexibles (1816).

(3) ARESCHOUG, in J. Agardh, Species genera et ordines Algarum (1851).

(4) Le Plancton de la Hougue, dont je ne me suis pas occupé, est l'objet des recherches de mon excellent maître, M. le professeur Mangin, de l'Institut, qui a publié un premier travail sur les récoltes faites en 1907 (Sur la flore planctonique de Saint-Vaast-la-Hougue en 1907).

Algues qui vivent au printemps.

Chlorophycées.

Monostroma laceratum.
 — *Grevillei.*
Enteromorpha.
Ulothrix flacca.
 — *pseudoflacca.*
 — *consociata.*
Acrosiphonia centralis.
Cladophora sericea.
 — *albida.*
 — *pellucida.*
Urospora penicilliformis.
Spongomorpha lanosa.
Vaucheria dichotoma f. *submarina.*
 — *ornithocephala.*
 — *synandra.*
 — *littorea.*

Phéophycées.

Pylaiella littoralis.
Ectocarpus Hincksiae.
 — *simpliciusculus.*
Elachista flaccida.
Eudesme virescens.
Castagnea Zosteræ.
Laminaria Cloustoni (fruct. et défoliation)
Cutleria multifida.
Tilopteris Mertensii.
Cystoseira ericoides (fruct.).
Ectocarpus simplex.
 — *granulosus.*
 — *secundus.*
Streblonema Valiantei.
Sphacelaria cirrosa.
 — *radicans.*
Halopteris filicina.
Punctaria plantaginea.
 — *tenuissima.*
Colpomenia sinuosa.
Chorda Filum (quelques débris).
Phyllitis Fascia.
Asperococcus compressus.
 — *bullosus.*
Stictyosiphon adriaticus.
 — *Griffithsianus.*

Isthmoplea sphærophora.
Striaria attenuata.
Desmarestia aculeata.
 — *ligulata.*
 — *viridis.*
Myriotrichia filiformis.
 — *clavæformis.*

Floridées.

Bangia fusco-purpurea.
Porphyra leucosticta.
Erythrotrichia ciliaris.
Acrochætium secundatum.
Gelidium pusillum.
Gigartina mamilliosa.
Phyllophora rubens.
Rhodophyllis bifida.
Calliblepharis ciliata.
 — *jubata.*
Chylocladia clavellosa.
Gastroclonium kaliforme.
 — *ovale.*
Nitophyllum laceratum.
 — *punctatum.*
Delesseria sanguinea.
 — *sinuosa.*
Laurencia obtusa.
 — *pinnatifida* (fruct.).
Polysiphonia urceolata.
 — *thuyoides.*
 — *elongella.*
 — *subulifera.*
 — *nigrescens.*
 — *atrorubescens.*
Bostrychia scorpioides.
Rhodomela subfusca.
Callithamnion polyspermum.
 — *roseum.*
 — *corymbosum.*
 — *tetricum.*
Ceramium Deslongchampi.
 — *gracillimum.*
 — *arborescens.*
 — *elegans.*
 — *ciliatum.*

Ceramium fruticosum.
 — *strictum.*
 — *acanthotum.*
Rhodochorton Rothii.
 — *floridulum.*
 — *membranaceum.*

Gloiosiphonia capillaris.
Dumontia filiformis.
Cruoria pellita
Choreonema Thureti.
Schmitziella endophloea.

Algues qui vivent en été.

Chlorophycées.

Sykidion droebakense.
Monostroma latissimum.
 — *oxycoccum.*
 — *quaternarium.*
Enteromorpha plumosa.
 — *torta.*
 — *marginata.*
 — *salina.*
 — *prolifera.*
 — *ramulosa.*
 — *aureola.*
Prasiola stipitata.
Stereococcus Malardii.
Pseudendoclonium marinum.
Cladophora utriculosa.
 — *pectinicornis.*
 — *sericea.*
 — *expansa.*
 — *heterochloa.*
 — *glaucescens.*
 — *albida.*
Chaetomorpha Linum.
Rhizoclonium Kernerii.
 — *tortuosum.*
Derbesia marina.
Vaucheria piloboloides.

Phéophycées.

Pylaiella littoralis.
 — *seriata.*
Ectocarpus globifer.
 — *simplex.*
 — *fasciculatus.*
 — *granulosus.*
 — *tomentosus.*
 — *distortus.*

T. IV. — Fasc. 5

Ectocarpus Sandrianus.
 — *virescens.*
 — *Lebelii.*
Streblonema volubile.
 — *æquale.*
Ascocyclus sphærophorus.
Sphacelaria radicans.
 — *Hystrix.*
 — *bipinnata.*
Halopteris filicina.
Litosiphon pusillus.
 — *filiformis.*
Colpomenia sinuosa.
Asperococcus bullosus.
 — *echinatus*
Arthrocladia villosa.
Desmarestia aculeata.
Dictyosiphon foeniculaceus.
Myrionema vulgare.
Hecatonema maculans.
Eudesme virescens.
Castagnea Zosteræ.
Myriactis pulvinata.
Leathesia difformis.
Corynophloea crispa.
Mesogloia vermiculata.
 — *Griffithsiana.*
Stilophora rhizodes.
Spermatocnus Lejolisii.
Sporocnus pedunculatus.
Carpomitra Cabrerae.
Chorda Filum.
Lithoderma adriaticum.
Laminaria flexicaulis (fruct.).
Padina pavonia.
Dictyota dichotoma.
Pelvetia canaliculata (fruct.).
Cystoseira foeniculacea (fruct.).

Floridées.

Erythrotrichia carnea.
Goniotrichum elegans.
Acrochætium virgatulum.
Helminthora divaricata
Naccaria Wiggii.
Gigartina mamillosa.
Phyllophora rubens.
Cystoclonium purpurascens (fruct.)
Rhodophyllis bifida.
Sphærococcus coronopifolius.
Gracilaria compressa.
Calliblepharis jubata (fruct.).
Champia parvula.
Nitophyllum laceratum (fruct.).
Bonnemaisonia asparagoides.
Laurencia obtusa.
Chondria tenuissima
 — *cœrulescens.*
 — *dasyphylla.*
Polysiphonia fibrata.
 — *rhunensis.*
 — *elongella.*
 — *variegata.*
 — *furcellata*
 — *simulans.*
 — *thuyoides*
 — *fruticulosa.*
Pterosiphonia pennata.
Brongniartella byssoides.

Bostrychia scorpioides.
Dasya ocellata.
 — *Arbuscula.*
Sphondylothamnion multifidum.
Spermothamnion Turneri
Ptilothamnion Pluma (fruct.).
Monospora pedicellata.
Callithamnion corymbosum.
 — *roseum.*
 — *Hookeri.*
 — *tetricum.*
 — *tetragonum.*
 — *byssoides.*
Seirospora Griffithsiana.
Compsothamnion gracillimum.
 — *thuyoides.*
Antithamnion Plumula.
Ceramium elegans.
 — *Deslongchampii.*
 — *ciliatum.*
 — *Crouanianum.*
 — *flabelligerum (fruct.).*
 — *gracillimum.*
 — *diaphanum.*
Grateloupia filicina.
Dudresnaya verticillata.
Halarachnion ligulatum.
Rhodophysema Georgii.
Choreonema Thureti.
Schmitziella endophloea.
Jania corniculata (fruct.).

Algues qui vivent en automne.*Chlorophycées.*

Monostroma laceratum.
Enteromorpha torta.
 — *salina.*
Prasiola stipitata.
Ægagropila repens.
Chætomorpha Linum.
Rhizoclonium Kochianum.
 — *arenosum.*
 — *tortuosum.*
Bryopsis hypnoides.
Derbesia marina.
Vaucheria Thuretii.

Vaucheria piloboloides.

Phéophycées.

Pylaiella littoralis.
 — *seriata.*
Ectocarpus globifer.
 — *simplex.*
 — *fasciculatus.*
 — *virescens.*
Streblonema æquale.
Ascocyclus sphærophorus.
Sphacelaria cirrosa.
 — *Hystrix.*

Halopteris filicina.
Dictyosiphon foeniculaceus.
Elachista stellulata.
Giraudya sphacelarioides.
Myrionema vulgare.
 — *papillosum*.
Chilionema Nathaliae.
Castagnea Zosteræ.
 — *cæspitosa*.
Myriactis pulvinata.
Cylindrocarpus microscopicus.
Corynophloea crispa.
Mesogloia vermiculata.
 — *Griffithsiana*.
Stilophora rhizodes.
Sporochnus pedunculatus.
Ralfsia verrucosa (fruct.).
Chorda Filum.
Saccorhiza bulbosa (fruct.).
Laminaria saccharina (fruct.).
 — *flexicaulis* (fruct.).
Fucus platycarpus (fruct.).
Cystoseira foeniculacea (fruct.).
Padina pavonia.
Haliseris polypodioides.
Dictyota dichotoma.

Floridées.

Acrochætiæ endozoicum.
 — *virgatulum*.
 — *secundatum*.
 — *Daviesii*.
Chantransia Thuretii.
Helminthora divaricata.
Scinaia furcellata.
Gelidium corneum.
 — *latifolium*.
 — *pulchellum*.
 — *crinale*.
Phyllophora rubens.
Gigartina mamillosa (fruct.).
Callymenia reniformis (fruct.).
Cystoclonium purpurascens (fruct.).
Rhodophyllis appendiculata.

Sphærococcus coronopifolius (fruct.).
Gracilaria compressa.
Hypnea musciformis.
Rhodymenia Palmetta (fruct.).
Champia parvula.
Chylocladia clavellosa.
Plocamium coccineum (fruct.).
Nitophyllum laceratum (fruct.).
Laurencia obtusa.
Chondria tenuissima.
 — *cœrulescens*.
 — *dasyphylla*.
Polysiphonia macrocarpa.
 — *insidiosa*.
 — *fibrata*.
 — *rhunensis*.
 — *elongella*.
 — *variegata*.
 — *fœtidissima*.
 — *simulans*.
 — *thuyoides*.
 — *fruticulosa* (fruct.).
Brongniartella byssoides.
Bostrychia scorpioides.
Dasya ocellata.
Sphondylothamnion multifidum.
Monospora pedicellata.
Pleonosporium Borreri.
Callithamnion corymbosum.
 — *byssoides*.
 — *roseum*.
 — *Hookeri*.
 — *tetricum*.
 — *tetragonum*.
Seirospora Griffithsiana.
Antithamnion Plumula.
Spyridia filamentosa (fruct.).
Ceramium tenuissimum.
 — *echionotum*.
 — *elegans*.
 — *Crouanianum*.
 — *gracillimum*.
Dudresnaya verticillata.
Peyssonnelia atropurpurea (fruct.).
Choreonema Thureti.

Algues qui vivent en hiver.

Chlorophycées.

Ægagropila repens.
Acrosiphonia centralis.
Cladophora Magdalenæ.
Vaucheria synandra.
 — *Thuretii.*

Phéophycées.

Asperococcus compressus.
Laminaria saccharina (fruct.).
 — *Cloustoni* (fruct.).
Cutleria multifida.
Fucus vesiculosus (fruct.).
 — *platycarpus* (fruct.).
Ascophyllum nodosum (fruct.).
Cystoseira granulata (fruct.).
Halidrys siliquosa (fruct.).
Haliseris polypodioides.

Floridées.

Porphyra linearis.
 — *leucosticta.*
Acrochaetium endozoicum.
 — *Daviesii.*
Gelidium corneum.
 — *latifolium.*
 — *pusillum.*
 — *pulchellum.*
 — *crinale.*

Gigartina acicularis (fruct.).
Phyllophora palmettoides.
Gymnogongrus norvegicus (fruct.).
Rhodophyllis appendiculata.
Calliblepharis ciliata (fruct.).
Chylocladia clavellosa.
Gastroclonium ovale.
Nitophyllum punctatum.
Delesseria sanguinea (fruct.).
 — *sinuosa.*
Laurencia pinnatifida (fruct.).
 — *obtusa.*
Polysiphonia macrocarpa.
 — *atrorubescens.*
 — *nigrescens.*
Rhomomela subfusca.
Heterosiphonia coccinea (fruct.).
Seirospora Griffithsiana.
Plumaria elegans (fruct.).
Spyridia filamentosa (fruct.).
Callithamnion corymbosum.
Ceramium elegans.
 — *acanthonotum* (fruct.).
Rhodochorton floridulum (fruct.).
 — *membranaceum.*
Dilsea edulis (fruct.).
Furcellaria fastigiata (fruct.).
Polyides rotundus (fruct.).
Petrocelis cruenta.
Cruoria pellita (fruct.).
Peyssonnelia atropurpurea (fruct.).

Algues qu'on peut rencontrer toute l'année.

Myxophycées.

Le plus grand nombre.

Chlorophycées.

Ulva Lactuca.
Enteromorpha clathrata.
 — *compressa.*
 — *intestinalis.*

Cladophora pellucida.
 — *Hutchinsiae.*
 — *crystallina.*
 — *rupestris.*
Chætomorpha ærea.
Rhizoclonium riparium.
Bryopsis plumosa.
Codium tomentosum.
 Algues vertes perforantes.

Phéophycées.

Ectocarpus siliculosus.
 — *confervoides.*
Cladostephus verticillatus.
 — *spongiosus.*
Halopteris scoparia.
Scytosiphon Lomentaria
Elachista fucicola.
Ralfsia verrucosa.
Saccorhiza bulbosa.
Laminaria flexicaulis.
 — *Cloustoni.*
 — *saccharina.*
Fucus serratus.
 — *vesiculosus.*
 — *platycarpus.*
 — *ceranoides.*
Pelvetia canaliculata.
Cystoseira ericoides.
 — *fœniculacea.*
 — *granulata.*
Halidrys siliquosa.

Floridées.

Porphyra laciniata.
Chondrus crispus.
Phyllophora membranifolia.
Gymnogongrus norvegicus.
 — *Griffithsiæ.*
Callophyllis laciniata.

Ahnfeltia plicata.
Catenella Opuntia.
Gracilaria confervoides.
Rhodomenia palmata.
Lomentaria articulata.
Plocamium coccineum.
Nitophyllum Hilliæ.
Delesseria alata.
 — *Hypoglossum.*
 — *ruscifolia.*
Laurencia pinnatifida.
Polysiphonia elongata.
 — *fastigiata.*
 — *fibrillosa.*
 — *Brodiaei.*
Halopitys pinastroides (1).
Griffithsia corallina.
 — *setacea.*
 — *barbata.*
Heterosiphonia coccinea.
Halurus equisetifolius.
Spyridia filamentosa.
Ceramium fruticulosum.
 — *arborescens.*
 — *rubrum.*
 — *vimineum.*
 — *pedicellatum.*
Dilsea edulis.
Furcellaria fastigiata.
Polyides rotundus.
 La plupart des Squamariacées et des Corallinacées.

J'ai puisé de nombreuses indications dans l'herbier du Laboratoire de Cryptogamie du Muséum qui renferme des échantillons provenant de Chauvin, de Lenormand et du Dr Lebel de Valognes, et surtout dans celui de Thuret et Bornet où les plantes sont merveilleusement représentées, souvent par des séries recueillies à diverses époques de l'année, permettant de se faire une idée exacte et juste de leur végétation. Ce dernier herbier, d'une incomparable richesse, appartient au Laboratoire de Cryptogamie auquel il a été donné par mon excellent et vénéré maître Bornet, l'illustre savant dont la science déplore la perte récente.

Mon ami M. Malard, attaché au Laboratoire de Tatihou, m'a fourni de précieux renseignements sur les Algues de la Hougue et de Tatihou qu'il observe depuis de longues années et qu'il connaît parfaitement. Je suis heureux de lui en exprimer ici ma vive et affectueuse reconnaissance.

(1) J'ai adopté pour cette algue la graphie *Halopitys* seule exacte, et non celle de Kützinger, *Halopithys*, qui est fautive.

Je remercie également M. le Professeur Kuckuck, d'Helgoland ; M. le major Reinbold, d'Itzehoe, pour les utiles indications qu'ils m'ont fournies ; M. le Professeur Wille, de Christiania, avec qui j'ai passé à Tatihou quelques journées malheureusement trop courtes ; mon ami, M. Bessil, qui m'a communiqué les intéressantes observations qu'il a faites à Tatihou sur les conditions de végétation des Fucus, des Ulves, etc ; M. Liot, l'intelligent et dévoué patron du yacht du Laboratoire, qui m'a envoyé, à plusieurs reprises, des récoltes faites sur divers points de l'île et m'a accompagné dans quelques-unes de mes excursions.

J'ai consulté et toujours avec fruit la *Liste des Algues marines de Cherbourg* de Le Jolis et le *Catalogue of the British marine Algæ* de M. Batters. J'ai puisé également quelques indications dans l'ouvrage de M. J. Chalon, *Liste des Algues marines observées jusqu'à ce jour entre l'embouchure de l'Escaut et la Corogne incl. îles Anglo-Normandes (Florule de Tatihou)*, d'après les observations de M. Malard, p. 213-217).

1253-12. — CORBEIL. — IMPRIMERIE CRÉTÉ.

Étude bathylithologique

DES

Côtes du Golfe du Lion

ENTRE

LES SAINTES-MARIES ET LE CAP DE CREUS

PAR M. J. THOULET,

Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Nancy.

I

HISTORIQUE. — Pendant l'été de 1908, M. Sudry accompagné de M. Chevallier, chef des travaux de minéralogie et d'océanographie à la Faculté des Sciences de l'Université de Nancy, se rendit à Cette dans le but de recueillir les échantillons de fonds destinés, après avoir été analysés dans mon laboratoire, à permettre de dresser la carte bathylithologique de l'étang de Thau, sujet choisi comme thèse de doctorat ès-sciences (1). Je recommandai à ces Messieurs de ne pas laisser en blanc l'espace de mer qui, sur la carte de la Marine n° 10059 servant de canevas au travail projeté, s'étendait devant Cette. On récolta donc en mer 30 échantillons qui furent analysés et devinrent les premiers documents des cinq feuilles de la carte bathylithologique sous-marine des fonds côtiers du golfe du Lion.

L'année suivante, en mai 1909, je partis pour Cette avec M. Chevallier qui, depuis, resta mon très fidèle et très dévoué compagnon. La générosité d'un ami de la science que j'éprouve le profond regret de ne pouvoir, sur sa volonté formelle, désigner que par le pseudonyme de *Diatomea*, avait déjà fourni à M. Sudry les ressources indispensables pour commencer et mener à bonne fin la tâche qu'il s'était proposée. Cette générosité ne me fit pas défaut à moi-même et, grâce à elle, je pus à mon tour entreprendre mon travail. Je fus, en outre, aidé par le Service des Pêches du Ministère de la Marine, qui mit à ma dispo-

(1) LOUIS SUDRY, L'étang de Thau, Essai de Monographie océanographique, avec une carte en couleurs ; et *Annales de l'Institut océanographique* (Imprimerie de Monaco. Masson et C^{ie}, éditeurs, Paris, 1910).

sition le vapeur garde-pêche *Girelle*, et ensuite par mon collègue et ami, M. Duboscq, professeur de zoologie à la Faculté des Sciences de l'Université de Montpellier et directeur de la Station zoologique de Cette. Celui-ci nous accorda l'hospitalité de la Station et me laissa libéralement disposer de toutes les ressources de ses laboratoires. Chaque matin, on embarquait à bord de la *Girelle* pour ne rentrer que dans la soirée. La campagne dura du 4 au 15 mai; 96 échantillons du fond furent récoltés devant Cette et augmentèrent le nombre de ceux de l'année précédente. On s'étendit ensuite vers l'Est, un peu au delà de Palavas, et vers l'Ouest, jusqu'à l'embouchure de l'Aude. L'hiver de 1909 à 1910 fut tout entier consacré à l'analyse complète, mécanique, chimique et microminéralogique, des échantillons et à la confection des deux cartes bathylithologiques établies sur les deux feuilles de la Marine n°s 5172, du cap d'Agde à Palavas, et 1167, de Gruissan au cap d'Agde. Les résultats obtenus donnèrent lieu à une communication insérée dans les Comptes rendus de l'Académie des Sciences (1).

Le travail fut repris en 1910, du 6 au 22 juin. Un assistant, M. Marius J. Goldman, de l'Université Johns Hopkins, de Baltimore (États-Unis), désireux de se familiariser avec les procédés employés pour ces sortes d'investigations, nous prêta son aide bénévole. La première partie, de l'embouchure de l'Aude au cap Leucate, fut exécutée à bord de la *Girelle*. Mais cette limite était difficile à dépasser pour le bâtiment qui, malgré un arrêt de trois jours à La Nouvelle, était obligé de revenir à Cette, son port d'attache. Je me transportai alors à Banyuls où MM. Pruvôt et Racovitza, directeur et sous-directeur du laboratoire Arago, voulurent bien m'accueillir et me prêter leur bateau à vapeur *Roland*, si admirablement aménagé pour l'étude zoologique et océanographique de la mer. Cette année, 220 échantillons furent récoltés qui, analysés à Nancy, laissèrent compléter certains détails des feuilles 5172 et 1167 et terminer la feuille 1166 de la Marine, depuis l'embouchure de la Têt jusqu'à Gruissan. Les résultats furent communiqués à l'Académie des Sciences et insérés aux Comptes rendus (2).

En 1911, accompagné de MM. Chevallier et Watier, garde-général des Eaux et Forêts, je retournai dans la région, du 1^{er} au 13 juin. Le travail débuta aux environs de Banyuls avec le *Roland* et s'étendit jusqu'au cap de Creus. Ensuite, à bord du garde-pêche *Vanneau*, on acheva la feuille d'Aigues-Mortes, amorcée en 1909. Le centre des opérations, d'abord au Grau-du-Roi, fut transporté à Martigues. Les échantillons, au nombre de 107, permirent d'établir les quatrième et cinquième feuilles de la Marine, n°s 1218, du Cap de Creus à Canet, et 5150, de Palavas aux Saintes-Maries, présentées comme les précédentes à l'Académie des Sciences (3).

Pendant ces quatre années, aussi bien sur le terrain qu'à Nancy, au laboratoire, pour l'analyse de ces 453 échantillons, je fus aidé de la façon la plus habile et la plus dévouée par M. Chevallier. Je ne fais qu'accomplir un strict devoir de justice en le remerciant cor-

(1) J. THOULET, Carte lithologique sous-marine de la côte du Languedoc (*C. R. Acad. des Sc.*, t. CL, p. 640, 9 mars 1910).

(2) J. THOULET, Carte bathylithologique de la côte du golfe du Lion entre l'embouchure de la Têt et Gruissan (*C. R. Acad. des Sc.*, t. CLII, p. 1037, 10 avril 1911).

(3) J. THOULET, Sur la carte bathylithologique de la côte du golfe du Lion entre les Saintes-Maries et Palavas et du cap de Creus à Canet (*C. R. Acad. des Sc.*, t. CLIII, p. 1190, 4 déc. 1911).

dialement d'un zèle qui ne s'est pas un instant démenti dans des circonstances assez pénibles et souvent difficiles. Son nom est à joindre à celui de Diatomea, et il est certain que, sans l'aide apportée par ces deux collaborateurs, l'œuvre — à supposer même qu'elle eût été entreprise — n'aurait jamais pu atteindre son ampleur et sa précision.

Cependant, terminée en manuscrit, il restait à la mettre en état d'être connue du public. Ce résultat a été obtenu grâce à la munificence de S. A. S. le Prince de Monaco auquel je me permets d'adresser ici mes très respectueux remerciements. Après avoir présenté lui-même l'ensemble des cinq feuilles coloriées à l'Académie des Sciences (1), il a, en effet, consenti à prendre à sa charge la publication du travail tout entier dans les *Annales de l'institut Océanographique*.

USAGES ET UTILITÉ DES CARTES BATHYLITHOLOGIQUES. — Les cartes bathylithologiques rendent d'importants services aussi bien au point de vue théorique qu'au point de vue pratique.

Elles sont évidemment la base même de l'océanographie. Quelle que soit l'étude à laquelle on veuille se livrer au sujet du lit océanique et des phénomènes statiques ou dynamiques s'accomplissant au sein des eaux qu'il contient, il faut absolument finir par ramener ceux-ci à la place qu'ils occupent sur le globe, c'est-à-dire les marquer sur une carte, afin d'en avoir en quelque sorte une image abrégée où les rapports du phénomène avec les conditions ambiantes soient susceptibles de s'apercevoir et de s'apprécier d'un seul coup d'œil. La remarque est d'autant plus vraie que les phénomènes considérés se rattachent de plus près au relief ou à la nature même du sol sous-marin.

Les roches sédimentaires anciennes, calcaires, sables, argiles ou marnes, ne sont autres que d'anciens sédiments déposés aux époques géologiques, c'est-à-dire depuis des milliers de siècles, au fond d'océans salés ou de lacs d'eau douce aujourd'hui disparus. Il n'existe par conséquent aucun motif pour refuser d'admettre que ces roches anciennes, ayant une genèse identique à celles qui occupent le fond actuel des mers, sont essentiellement les mêmes et ne diffèrent que par les changements d'importance relativement secondaire effectués par le temps dans leur masse. Cette identité autorise à les comparer entre elles, à passer des unes aux autres, et surtout à conclure des unes aux autres, des modernes que l'on voit en train de se créer à celles qui ont été créées il y a des milliers de siècles, c'est-à-dire aux roches sédimentaires anciennes. Une carte bathylithologique demeure donc l'introduction indispensable à l'étude intéressante entre toutes de la paléogéographie qui, d'après des indices infimes, reconstitue les conditions géographiques d'un passé infiniment lointain avec une rigueur digne d'exciter autant de surprise que d'admiration.

Avant de chercher à découvrir ce qu'était le passé, il faut être parfaitement maître du présent, c'est-à-dire être bien informé des rapports de causes à effets qui font que telle ou telle condition ambiante se traduit par tel ou tel caractère sur le dépôt marin actuel destiné à devenir, dans un avenir plus ou moins éloigné, roche sédimentaire ancienne. La carte bathylithologique offre, à ce point de vue, d'immenses ressources à l'investigation. Image complète et fidèle quoique réduite de la nature, elle est devenue elle-même comme une

(1) J. THOULET, Carte bathylithologique des fonds côtiers du golfe du Lion (*C. R. Acad. des Sc.*, t. CLIV, p. 152, 15 janvier 1912).

nature éminemment maniable, simple, claire, débarrassée du cortège des circonstances accessoires qui si souvent, sur le terrain, viennent troubler l'œil de l'observateur, le tromper, ou l'empêcher de sommer ses impressions, de les généraliser sous forme de lois, but suprême de la science. En définitive, une carte bathylithologique, essence même des lois auxquelles obéissent, dans les phénomènes qu'ils présentent, les rivages et les dépôts de sédiments marins, va permettre d'en énoncer le texte dans le présent comme dans le passé. En d'autres termes, on pourra sans peine, grâce à elle, passer, en ce qui se rapporte à la mer, de la géographie actuelle à la géographie qui n'existe plus, à la paléogéographie.

Ces cartes n'ont pas moins d'importance pratique. Elles fournissent au navigateur les moyens d'appliquer aux atterrissages difficiles les méthodes par sondages, employées d'instinct dès les premiers temps de la navigation et pendant le moyen âge, perfectionnées vers la fin du XVIII^e siècle par le capitaine de vaisseau de Bory, en France, et au commencement de la seconde moitié du XIX^e siècle, par les admirables travaux du commandant de Roujoux et de l'ingénieur Delesse qui furent les véritables créateurs des cartes bathylithologiques sous leur forme présente. Il suffira de répéter ici que le problème consiste à remplacer, pour fixer la position inconnue d'un navire à la surface des eaux, les coordonnées astronomiques ou topographiques, devenues momentanément impossibles à relever par suite de brume, de suppression des feux en temps de guerre ou de toute autre cause, par la double coordonnée océanographique, profondeur et nature du sol sous-marin, fournie par un seul et unique coup de sonde. Le problème, si indispensable à résoudre, comporte d'ailleurs plus d'une solution. On a, dans ces derniers temps, essayé de tirer parti des signaux phoniques sous-marins et des ondes de la télégraphie sans fil. Lorsqu'un navire se trouve dans une situation dangereuse, il est évident que tout moyen de sortir d'embarras est à employer, et qu'il vaut certainement mieux avoir le choix entre plusieurs procédés que de n'en posséder qu'un seul dont les circonstances empêcheront peut-être accidentellement l'usage. Ce motif oblige à connaître la méthode qui dépend essentiellement des cartes bathylithologiques, la plus simple de toutes, qui n'exige ni appareil dispendieux et délicat, ni personnel spécial, conditions où ne se trouvent pas tous les bâtiments. Le seul inconvénient des atterrissages à la sonde semble être la nécessité de ralentir la vitesse du navire, afin d'avoir le temps, sans trop se déplacer, de jeter la sonde, de la ramener à bord et d'examiner la nature de l'échantillon rapporté du fond. Il n'est rien qui ne possède ses avantages et ses désavantages : c'est aux marins qu'il incombe de juger de ce qui convient le mieux dans chaque cas, pourvu que leur jugement découle d'une connaissance parfaite de chacun des divers procédés susceptibles d'être appliqués.

Un autre emploi des cartes bathylithologiques consiste à s'en servir dans l'industrie des pêches qui, rationnellement, est l'application de la connaissance des relations existant entre l'être vivant dont le pêcheur cherche à s'emparer et les conditions du milieu lui servant d'habitat continu ou temporaire. De ces conditions, celles relatives à la nature du fond occupent incontestablement le premier rang. La plupart des nations maritimes ont compris la nécessité de dresser des cartes bathylithologiques. Delesse (1) avait établi

(1) DELESSE, *Lithologie du fond des mers* (Eug. Lacroix, Paris, 1866).

celle des côtes de France à une échelle vraiment trop petite pour être d'une réelle utilité pratique. En m'appuyant sur les principes et les procédés préconisés par l'illustre auteur de la *Lithologie du fond des mers*, j'ai dressé une première esquisse en vingt-quatre feuilles des fonds sous-marins des côtes françaises (1). Je reprends aujourd'hui cette carte en la perfectionnant sur une petite portion de son étendue représentée à une échelle beaucoup plus considérable; puisque les côtes seules du golfe du Lion entre le cap de Creus et les Saintes-Maries comportent cinq feuilles grand-aigle. Puisse mon travail, s'il est utile à l'océanographe, au géologue, au marin, au pêcheur et à l'ingénieur, être continué et, à la suite d'efforts exécutés dans un même esprit de continuité, par les mêmes méthodes, constituer un ensemble comparable pour la mer à ce qu'est actuellement la carte géologique de la France, conçue il y a plus d'un siècle par Lavoisier et Guettard en 1765, et lentement amenée au degré de perfection qu'elle possède maintenant. Une telle œuvre, aussi bien sur la mer que sur la terre, doit aller s'améliorant toujours; en réalité, elle n'est jamais ni parfaite ni achevée.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES. — Je dois énoncer ici les idées qui m'ont guidé dans l'exécution de mon travail.

Moins une carte est chargée d'indications ne se rattachant pas immédiatement aux faits dont elle se propose la représentation, plus elle est claire et utile. Je me suis donc rigoureusement borné, sur les cinq feuilles du golfe du Lion, à ne figurer, d'après les feuilles mêmes de la Marine dont on sait la précision, que la bathymétrie au moyen de courbes isobathes, d'ailleurs peu encombrantes, et la lithologie par des teintes et des signes conventionnels. Les teintes, aussi différentes que possible pour des terrains très différents tels que les roches notées en bleu, le sable en rose carmin et la vase en jaune, offrent au contraire des nuances passant par degrés de l'une à l'autre lorsqu'il en est de même des variétés de sédiments qu'elles représentent. C'est ainsi que la série allant des sables vaseux aux vases sableuses est indiquée par une teinte rose tirant de plus en plus sur le jaune jusqu'à devenir du jaune pur pour les vases proprement dites, et que la proportion croissante du calcaire contenu dans ces vases est rendue sensible par une addition de noir de plus en plus forte dans le jaune.

J'ai fait entière abstraction de toute opinion préconçue. Une carte est l'image réduite bien qu'aussi complète qu'il est possible des faits naturels. Aussi me suis-je attaché à établir ceux-ci de la façon la plus rigoureuse et uniquement à l'aide de chiffres. J'ai, dans ce but, établi tout d'abord une classification des sédiments marins ne laissant aucune prise au vague d'opinions personnelles, c'est-à-dire uniquement basée sur des résultats d'opérations de chimie ou de physique, dosages d'acide carbonique, tamisages à travers des tamis calibrés tels qu'on les fabrique et qu'on les emploie couramment dans l'industrie, suivis de pesées. Il faut qu'en deux points du globe, si éloignés qu'ils soient l'un de l'autre, deux océanographes, analysant un même échantillon, lui attribuent le même nom et le représentent de la même manière. J'ai figuré graphiquement mes résultats d'analyse et sur mes cartes, images aussi fidèles que je l'ai pu de la nature, j'ai marqué les faits. Si quelque erreur s'était glissée dans mon travail, elle serait matérielle et par

(1) J. THOULET, Cartelithologique sous-marine des côtes de France (24 feuilles) (Aug. Challamel, éditeur, Paris, 1899).

conséquent facile à discuter et à corriger. J'ai indiqué la place de chaque sondage, afin que chacun, d'un simple coup d'œil, fût en état de se rendre compte, par leur densité, du degré de confiance à accorder au document qui les résume. J'ai conservé tous mes échantillons de sorte qu'en cas de discussion, l'analyse puisse en être recommencée. Dès lors, pour toute recherche ultérieure, quelle qu'elle soit, dans cet ordre de faits, il suffira d'appliquer l'admirable précepte de Mohr : « La nature répond à toutes les questions qui lui sont adressées par un oui, ou par un non, ou par le silence et, dans ce cas, la faute en est à l'interrogateur qui a mal posé sa question. » Je crois qu'il sera loisible à quiconque, sur mes cartes, de poser beaucoup de questions à la nature. Les chiffres des tableaux groupés entre eux d'une façon judicieuse suivant la véritable méthode statistique, apporteront les réponses, solutions de problèmes, qui devront être ensuite confirmées par les cartes.

Je me suis efforcé de rendre mes cartes bathylithologiques le pendant exact des feuilles de la Carte géologique de la France. Ce que les unes sont pour la terre, les autres cherchent à l'être pour le sol recouvert par les eaux marines. La carte géologique étant établie sur les feuilles de la carte géographique de la France, au 1/80 000^e, la carte bathylithologique est un coloriage des feuilles du Dépôt de la Marine. Les courbes isobathes ne sont que le tracé continu des cotes de profondeur isolées de celles-ci.

Les ingénieurs hydrographes indiquent par des lettres la nature du sol sous-marin; mais ces indications, qui pour eux n'offrent qu'un intérêt secondaire et qu'ils n'établissent que sommairement d'après la seule inspection de la trace laissée par le fond sur le suif du plomb de sonde, prennent au contraire sur mes feuilles une importance capitale, parce qu'elles résultent d'analyses précises et détaillées. Néanmoins j'ai toujours appliqué le principe de considérer comme exactes les indications des feuilles du Dépôt jusqu'à preuve du contraire.

Du reste, la critique de ces cartes, bien entendu à l'unique point de vue de la nature du sol sous-marin, est des plus aisées et la conséquence des conditions mêmes suivant lesquelles elles ont été dressées. Les cotes de profondeur et les contours des roches sont notés avec une remarquable précision. Il n'est pas un seul de mes nombreux sondages qui n'ait été la constatation de cette exactitude. En revanche, quant à ce qui concerne la lithologie, l'importance du sable est généralement forcée : des sables vaseux et même des vases sableuses sont souvent dénommés sables purs, tandis que de véritables vases deviennent des sables vaseux. Cette exagération constante dans un même sens paraît devoir être attribuée au mode de récolte des échantillons à l'aide du plomb de sonde suiffé. Lorsque le suif, après avoir pénétré dans un mélange de sable et de vase, est remonté à travers l'eau, il revient délavé de la plus grande partie de la vase qui y adhérait, tandis que les grains de sable, protégés par leur incrustation dans la matière molle, résistent si bien que leur proportion provoque une désignation du fond exagérée en sable.

RÉCOLTE ET ANALYSE DES FONDS. — Le bateau étant stoppé et la position du lieu de sondage étant fixée au sextant ou au cercle hydrographique, d'après des repères situés à terre, l'échantillon était récolté à l'aide de ma machine à sonder portative à fil d'acier (1),

(1) J. THOULET, Instruments et opérations d'océanographie pratique (1 vol. in-8°. Chapelot, éditeur, Paris, 1908, p. 31).

soit avec un ramasseur Léger, soit avec ma petite drague dont l'emploi est avantageux parce que, ramenant un échantillon plus volumineux, elle renseigne mieux sur la présence et la proportion du gravier et des coquilles. Il était immédiatement placé dans un sac en calicot et étiqueté. Après l'avoir fait égoutter en le secouant, il était déposé pendant le reste de la journée au soleil sur le dessus de la machine, en ayant soin de le retourner plusieurs fois afin d'éviter une dessiccation trop brutale. Débarqué, on le laissait finir de se sécher à l'air libre et à l'ombre, et c'est seulement après dessiccation complète qu'il était mis en caisse et expédié à Nancy.

J'ai exposé ailleurs (1) en détail les procédés adoptés pour l'analyse mécanique, l'analyse chimique et l'analyse microminéralogique. On commençait par analyser mécaniquement 10 grammes de l'échantillon. Les diverses portions, isolées et pesées, étaient ensuite attaquées ensemble par de l'acide chlorhydrique étendu de 2/3 d'eau et de nouveau triées mécaniquement. Le sable très fin seul était passé à la liqueur d'iodures de densité 2,8 et partagé ainsi en deux portions : les lourds (L) et les légers (l), à étudier séparément au microscope. Pour les fonds voisins de Cette et d'Agde, particulièrement riches en basalte, on effectuait en outre un triage à l'électro-aimant suivi de pesées. L'analyse microminéralogique a été faite simultanément, pour chaque échantillon, par au moins deux personnes se mettant bien d'accord sur la nature des grains et sur l'évaluation de leur fréquence. Les divers minéraux reconnus étaient, en effet, notés comme très rares RR, rares R, en quantité moyenne +, abondants A, très abondants AA et dominants D. Ces proportions correspondaient approximativement à :

Dominant D.....	environ de 1000 à 500 p. 1000.
Très abondant AA.....	— 500 à 200 —
Abondant A.....	— 200 à 100 —
Quantité moyenne +	— 100 à 50 —
Rare R.....	— 50 à 10 —
Très rare RR.....	— 10 à 1 —

Dans l'impossibilité de figurer avec précision la quantité du gravier et des coquilles, on s'est efforcé, sur la carte, de serrer d'autant plus les signes rouges ou bleus les représentant que leur proportion, dans le fond, était plus élevée.

Afin de faciliter les comparaisons, les résultats des analyses étaient répartis sur quatre séries de fiches individuelles ou de tableaux :

1° La fiche de chaque échantillon porte l'ensemble des résultats obtenus et des observations de tous genres faites sur cet échantillon ; elle est la pièce originale et complète servant à dresser les divers tableaux.

2° Le tableau intitulé « Liste des stations » contient le numéro d'ordre de chaque station, sa latitude et sa longitude, la profondeur, la date de la récolte, la localité, la nature du fond telle qu'elle résulte de l'analyse mécanique, enfin le poids approximatif du gravier arrêté par le tamis 10, alors que 100 du fond ont franchi ce tamis. Ce poids est

(1) J. THOULET, Précis d'analyse des fonds sous-marins actuels et anciens (Chapelot éditeur, 1 vol. in-8°, Paris, 1907), et J. THOULET, Instructions pratiques pour l'établissement d'une carte bathymétrique lithologique sous-marine (*Bulletin de l'Institut océanographique*, n° 169, 25 mai 1910). En dépôt chez Le Soudier, lib.-édit., 174-176, boulevard Saint-Germain, Paris.

constitué, selon les indications portées au tableau, par de petits galets roulés, du gravier en grains siliceux anguleux et par des coquilles entières, brisées ou moulues.

3° Le tableau « Analyse mécanique et chimique » donne pour chaque station la nature du fond, le pourcentage du sable et de la vase, celui du calcaire, le pourcentage avant et après traitement à l'acide faible de chaque catégorie de sable, de l'argile et, pour le sable très fin, la proportion des lourds et des légers.

4° Le tableau « Analyse microminéralogique » porte, en une suite de colonnes, l'indication de la présence plus ou moins abondante des minéraux les plus fréquents dans les fonds. Une colonne d'observations permet de mentionner les minéraux exceptionnellement rencontrés.

Il ne faut pas oublier que chaque électro-aimant, pour attirer un même minéral, a besoin d'un ampérage différent. Avec l'instrument de mon laboratoire, pour le triage des fonds voisins de Cette et d'Agde, les minéraux légers, attirés par 2 ampères, étaient des grains basaltiques constitués par un mélange de feldspath et de magnétite, cette dernière en proportion trop petite pour que le grain total ait possédé une densité égale ou supérieure à 2,8 qui l'aurait, à son passage à la liqueur d'iodures, classé parmi les lourds, des grains quartzeux ou feldspathiques faiblement imprégnés de magnétite ou de minéraux verts, péridot, amphibole ou pyroxène provenant peut-être des basaltes et aussi des roches vertes des Alpes amenées par le Rhône. Il résulterait d'essais de M. Chevallier que la teneur minimum évaluée en fer métallique correspondrait à environ 0,05 p. 100 pour les grains attirés à 2 ampères, et 3,3 p. 100 pour ceux attirés avec 1 ampère.

Les procédés employés pour la détermination microscopique des divers minéraux contenus dans les sédiments ont été, pour la plus grande partie, exposés dans mon *Précis d'analyse des fonds sous-marins*. Cependant quelques-uns d'entre eux ont été perfectionnés, en particulier ceux relatifs à la détermination des indices de réfraction par l'ombre du doigt, après immersion dans des liquides réfringents appropriés.

On commençait par passer le sable fin décalcifié lourd à l'électro-aimant successivement à 0,35, puis à 1,2 ampères, ce qui le divisait en trois catégories. Comme on n'opérait que sur quelques milligrammes de matière et qu'on n'effectuait pas de pesées, l'opération était achevée rapidement. Ces trois catégories renfermaient les principaux minéraux suivants :

Très attirables (ta) 0-0,35. — Magnétite, hématite, grenat, biotite, chlorite, amphiboles, staurotide, etc.

Moyennement attirables (ma), 0,35-1,2. — Actinote, péridot, pyroxène, tourmaline, idocrase, muscovite, trémolite, etc.

Non attirables (na). — Rutile, corindon, sphène, zircon, andalousite, apatite, dolomie, etc.

On examinait au microscope chacune des catégories, d'abord à sec, puis dans la naphthaline monobromée d'indice 1,67 ; les légers étaient ensuite observés après immersion dans la liqueur d'indice 1,548 égal à l'indice moyen du quartz. L'ombre du doigt permettait, par conséquent, de reconnaître immédiatement le quartz devenu à peu près invisible sauf en lumière polarisée, l'orthose d'indice plus faible et le plagioclase d'indice supérieur.

Un examen des fins-fins dans la naphthaline pure fournissait souvent aussi d'utiles indications.

CLASSIFICATIONS. — Il ne sera pas inutile de rappeler ici les classifications adoptées pour les sables des fonds marins et leur teneur en calcaire :

<i>Sables.</i>		
	Diamètre moyen des grains.	Numéro des tamis arrêtant (1).
Gravier.....	»	10
Sable gros.....	1,50 mm.	30
Sable moyen.....	0,60 —	60
Sable fin.....	0,34 —	100
Sable très fin.....	0,13 —	200
Vase. { Fins-fins.....	0,05 —	} franchit 200
{ Argile calcaire.....	»	

<i>Fonds marins.</i>	
	Proportion de vase p. 100.
Roche.....	»
Gravier.....	»
Sable S.....	moins de 5
Sable vaseux SV.....	de 5 à 25
Vase très sableuse VtS.....	25 à 50
Vase sableuse VS.....	50 à 90
Vase proprement dite V.....	plus de 90

<i>Degré calcaire.</i>	
Fond faiblement calcaire I.....	moins de 5 p. 100 CaCO ₃ .
Fond médiocrement calcaire II.....	5 à 25 —
Fond calcaire III.....	25 à 50 —
Fond très calcaire IV.....	50 à 75 —
Fond extrêmement calcaire V.....	plus de 75 —

DISCUSSION RELATIVE AUX MÉTHODES D'ANALYSE. — Il importe, dès maintenant, d'être fixé sur le degré de précision qu'il est permis d'attendre des classifications adoptées et des méthodes analytiques employées, ainsi que sur l'influence exercée par lui sur la représentation figurée des résultats obtenus, c'est-à-dire sur la carte elle-même. Ces divers éléments étant liés entre eux, il s'agit de chercher à savoir quelle est leur véracité respective, si elle est la même ou différente pour chacun d'eux, et par conséquent si la confiance à leur accorder est bien aussi la même pour tous. Aborder cette discussion me semble d'autant plus nécessaire que j'ai établi mes classifications il y a plus de quinze ans, que depuis cette époque j'ai exécuté moi-même ou vu exécuter dans mon laboratoire par des opérateurs différents de 600 à 700 analyses mécaniques, chimiques et microminéralogiques de fonds pélagiens abyssaux provenant de diverses campagnes du prince de Monaco dans l'Atlantique, en Méditerranée, dans les parages du Spitzberg et dans le golfe de Gascogne, ainsi que de fonds côtiers récoltés par le duc d'Orléans dans l'océan Glacial et la mer de Kara, par les ingénieurs hydrographes de la Marine, par plusieurs autres personnes et par moi-même dans l'Iroise, la baie de Seine, près de Monaco, dans les étangs de Thau et de Berre, et le long des côtes du golfe du Lion. Une longue pratique

(1) On sait que le commerce désigne les tamis en tissu de soie, et qui servent surtout au blutage des farines, par leur numéro qui est le nombre des ouvertures ou mailles au pouce (27 millimètres). Le tamis 10 est en fils métalliques.

me permet donc d'énoncer mon opinion en connaissance de cause et, je n'ai pas besoin de l'affirmer, avec une complète sincérité.

Deux points sont à examiner : les classifications et les procédés d'analyse qui dépendent étroitement de la question du tamisage et des instruments bien simples qui servent à effectuer cette opération.

Il serait sans utilité d'exposer en détail, une fois de plus, les motifs qui m'ont fait établir mes classifications de fonds marins. Quelque respectueuse admiration que je professe pour les savants qui les ont créées, je ne saurais admettre de classifications géographiques locales ni celles basées sur l'origine terrigène ou non terrigène des dépôts océaniques, parce que tous, quels qu'il soient, sont plus ou moins terrigènes et tous plus ou moins non terrigènes; ni celles s'appuyant sur la présence, l'abondance ou la rareté de certains êtres microscopiques, parce que foraminifères, radiolaires ou diatomées se trouvent à peu près partout, sont impossibles à isoler en totalité, même grossièrement, et à peser, de sorte que leur proportion n'est susceptible d'être exprimée que par « beaucoup » ou « peu », mots sans grande valeur scientifique, dépendant essentiellement de la personnalité même de celui qui les emploie. Il en est autrement d'individus minéraux susceptibles d'être dosés chimiquement ou isolés par tamisages d'une façon très sensiblement exacte et dont les diverses portions sont ensuite pesables. Il suffit de savoir quelle est l'erreur commise et si elle est admissible. Une simple estimation que rien ne vient guider et étayer est tellement variable entre personnes différentes, et souvent même pour la même personne à des époques différentes, qu'elle est à rejeter à moins qu'elle ne soit absolument impossible à remplacer.

Il est indispensable qu'il y ait entre les diverses natures des fonds des limites fixes : je les ai établies avec mon bon sens et mon expérience, mais, je le reconnais, arbitrairement. Ne s'inquiéter en rien de l'origine organique ou inorganique des grains sableux constituant un fond, et les considérer tous comme des minéraux, est une simplification mettant un terme à une foule de discussions. Séparer ensuite ces minéraux en catégories, d'après leurs dimensions, en est une autre, quitte à évaluer l'erreur, petite ou grande, inévitable dans toute opération manuelle. Il suffit de posséder des tamis comparables entre eux et faciles à se procurer partout. Les tamis en tissus de soie fabriqués pour un usage industriel, le blutage des farines, répondent au but proposé, et telle est la raison qui me les a fait adopter pour séparer les diverses catégories élémentaires d'un fond marin. J'étais dès lors amené à établir, non pas les tamis pour les catégories, mais les catégories, d'après les tamis. Il fallait, par conséquent, constater d'abord la régularité et la fixité de dimensions des mailles des tissus commerciaux.

Dans ce but, j'ai tendu les divers numéros des tissus sur un large tube en verre ouvert à ses deux extrémités, et j'en ai ainsi fabriqué des tamis identiques à ceux dont je me sers; puis, sous le microscope, à un grossissement tantôt de 50 et tantôt de 150 diamètres, j'ai dessiné à la chambre claire le réseau observé. Poussant plus loin la recherche, j'ai collé sur une lame de plomb le papier qui avait servi au dessin et figurait le champ entier du microscope, j'ai découpé les ouvertures et ai déterminé par pesées, pour chaque numéro, le rapport des vides aux pleins représentés par les fils.

D'autre part, j'ai tamisé, à l'aide des tamis 30, 60, 100 et 200 trouvés pratiquement les plus convenables, des grains de quartz hyalin, préalablement violemment secoués dans un flacon afin de briser leurs plus grosses aspérités, et j'ai mesuré leur diamètre pour chacune des catégories.

NUMÉRO des tamis.	DIMENSIONS maxima et minima des vides (1/100 mm).	SURFACE des vides (1/100 mm ²).	RACINE CARRÉE ou dimension moyenne.	DIAMÈTRE des grains arrêtés (0,01 mm).	OBSERVATIONS.
30	64 × 73	4 672	68	150. Sable gros.	A franchi le tamis 10.
60	30 × 34	1 020	32	61. Sable moyen.	
100	20 × 20	400	20	34. Sable fin.	A franchi le tamis 200.
200	6 × 6	36	6	13. Sable très fin. Moins de 5. S. fin-fin.	

Les mailles ne sont donc pas toujours carrées, mais plus ou moins rectangulaires.

Le tableau indique le résultat assez surprenant, quoiqu'il s'explique par l'élasticité des fils, de grains d'un diamètre moyen de 0,34 mm franchissant un tamis dont les mailles n'ont que 0,32 mm. J'ai adopté pour les diverses catégories de grains sableux ces dimensions qui m'ont paru satisfaisantes et suffisamment espacées entre elles. Il est bien entendu que les tamisages auront lieu à sec, car, après immersion dans l'eau pendant une heure, le rapport des pleins aux vides, à l'état mouillé, est au rapport des pleins aux vides, à l'état sec, comme 75 est à 100 environ. En d'autres termes, les dimensions mouillées ne sont que les 3/4 des dimensions à sec.

Les grains tamisés, supposés sphériques, ne le sont pas réellement ; ils possèdent des dimensions plus ou moins inégales et, pour franchir un tamis, il suffit que la surface formée par les deux plus petites dimensions soit inférieure à la surface du vide des mailles du tamis, la troisième dimension pouvant être aussi grande qu'on le voudra. La longueur réelle de cette troisième dimension, quelquefois considérable, est particulièrement apparente sous le microscope, parce que les minéraux sont presque toujours couchés sur la plaque porte-objet suivant leurs deux plus grandes dimensions. C'est ainsi que s'exagère l'estimation de la dimension moyenne et que prend naissance l'anomalie signalée précédemment.

On pourrait encore mentionner, parmi les causes d'irrégularités, l'élasticité des fils des tamis qui cèdent quelque peu sous l'action du pinceau à poils durs dont on est obligé de se servir pour abréger une opération qui autrement serait interminable. Les grains sont alors forcés à travers les mailles. Pratiquement, on cessera de tamiser dès que la portion ayant franchi le tamis, après plusieurs reprises, sera notoirement inférieure à 1 p. 100 de la quantité de poudre soumise au tamisage.

On voit que la mesure de la composition d'un sondage est sujette à de nombreuses irrégularités, mais celles-ci sont adéquates à d'autres irrégularités qu'il est impossible d'éviter : incertitude sur la position rigoureuse du sondage, alors même qu'elle est établie d'après plusieurs segments capables ; composition variable de deux échantillons pris seulement à quelques décimètres de distance l'un de l'autre, et par conséquent se confondant

en un même point de la carte, et qui diffèrent le plus souvent entre eux de quantités surpassant l'erreur de tamisage ; variation dans la composition de la prise d'essai de 10 grammes de matière sur laquelle on effectue ordinairement l'analyse et choisie arbitrairement dans telle ou telle portion de l'échantillon récolté. Dans les dosages de calcaire, l'acceptation ou le rejet, très facultatifs, d'un fragment de coquille peut modifier notablement le pourcentage du carbonate de chaux.

Il convient donc de s'en remettre à la pratique. Or, ayant eu souvent l'occasion de comparer, pour un même échantillon, les résultats d'une analyse mécanique ou chimique répétée soit par le même opérateur, soit par des opérateurs différents, j'ai observé que les variations n'ont jamais dépassé 2 ou 3 p. 100. J'estime donc à cette approximation la précision maximum à espérer et j'ajouterai que, fût-elle de 5 p. 100, elle ne modifierait pas sensiblement le tracé des diverses aires lithologiques, si considérable que puisse être l'échelle de la carte. Ayant fait examiner des tissus à tamis, aux États-Unis, leurs irrégularités ont été trouvées tout à fait comparables à celles que j'avais constatées et que je viens de décrire sur des tissus français.

A propos de la classification des fonds eux-mêmes : sable, sable vaseux, vase très sableuse, vase sableuse et vase, que j'ai établie d'après les proportions relatives du sable et de la vase, je dirai que j'ai choisi, pour les limites des diverses catégories, des nombres ronds convenablement espacés les uns des autres. Là encore, des différences minimales, quelle que soit leur provenance, dans la composition des fonds, n'auraient pas d'effets sensibles sur le tracé des cartes bathylithologiques, même à grande échelle.

II

Fleuves, vents et courants.

La lithologie du golfe du Lion peut être considérée comme le résultat de la déposition sur le sol sous-marin des sédiments apportés par les fleuves qui se déversent dans la région et distribués par les vagues, fonction elles-mêmes du régime des vents, et par un courant marin longeant la côte dans la direction du Nord vers le Sud. Aussi convient-il de donner tout d'abord quelques détails sur ces fleuves, ces vents et ce courant.

FLEUVES. — Les fleuves du golfe du Lion sont le Rhône, l'Hérault, l'Orb, l'Aude, l'Agly, la Têt et le Tech. A l'exception du Rhône qui a été l'objet de nombreux travaux, quoique malheureusement aucun n'ait été fait au point de vue spécial qu'il nous importerait de connaître, ces fleuves n'ont point donné lieu à des monographies. Il serait nécessaire de récolter des échantillons lithologiques à leur embouchure et de les analyser microminéralogiquement ; puis, pour chacun d'eux, de relever sa pente, mesurer la longueur de son cours, connaître son débit, évaluer la superficie de son bassin, examiner la constitution géologique et minéralogique de celui-ci et son état de boisement ou de déboisement. Cet ensemble de renseignements permettrait seul d'obtenir l'histoire complète des sédiments

amenés au golfe. Nous nous bornerons à reproduire, au moins pour le Rhône, un certain nombre d'informations se rapportant au sujet traité ici (1).

Le Rhône possède une longueur de 812 kilomètres. Peu après sa source, il rencontre le Léman où il dépose les sédiments provenant de la Suisse, de sorte qu'il n'apporte guère à la mer que des sédiments français. Ceux-ci appartiennent à trois catégories selon leur origine. A Lyon, on recueille ceux du Nord-Est de la France amenés par la Saône; il s'y ajoute, à Avignon, ceux venus du Centre, grâce aux affluents de rive droite, l'Ardèche par exemple, et de la Savoie par ceux de rive gauche, notamment l'Isère et la Drôme. En aval d'Avignon, le fleuve reçoit la Durance dont la pente et le régime torrentiel favorisent un apport énorme de sédiments empruntés aux Alpes du Dauphiné. Ils sont assez caractéristiques, étant constitués par des débris de roches vertes, euphotides et variolites faciles à reconnaître et à suivre de proche en proche, tandis que les sédiments provenant du massif des grandes Alpes sont surtout des quartzites blancs.

La pente moyenne du Rhône, de Lyon à la mer, est de 49 centimètres au kilomètre; à l'étiage, dans cette ville, le débit moyen est de 210 mètres cubes et, à Arles, de 530 mètres cubes, s'élevant, en temps d'inondation, à 6 000 mètres cubes à Lyon et à 14 000 mètres cubes à Arles. Le fleuve débiterait donc en moyenne 54 milliards de mètres cubes d'eau charriant annuellement à la mer 21 millions de mètres cubes de limons dont 17 millions passent par le bras principal, le Grand Rhône. Là aurait lieu le véritable accroissement du delta et, en effet, la tour Saint-Louis, construite en 1737 sur le rivage de la mer, en était, en 1890, distante de plus de 7 kilomètres.

L'Hérault, long de 160 kilomètres, draine un bassin de 10 000 hectares environ, formé en majeure partie par des calcaires avec des basaltes occupant la région comprise entre Bédarieux et Lodève et des granites entre Valleraugue et Le Vigan.

Le bassin de l'Orb est calcaire, sauf quelques basaltes du massif des monts Garrigues.

L'Aude, longue de 220 kilomètres, semble n'apporter à la mer que des calcaires et il en est de même de l'Agly, dont pourtant une faible portion est granitique.

La Têt, dont la longueur est de 120 kilomètres, a des granites auxquels s'ajoutent des micaschistes et des gneiss pour le Tech.

VENTS ET COURANTS. — Le régime des vents mérite d'être signalé à cause de son influence considérable sur les vagues et les courants, agents principaux de la répartition des sédiments sur le sol (2).

Dans le golfe du Lion (3), les vents de l'Ouest au Nord, qui soufflent en moyenne deux cents jours par an, sont prédominants à la fois comme durée et comme force. Mais, comme leur direction est plutôt perpendiculaire à la côte, leur influence est probablement moindre sur le bord même du rivage que sur le courant côtier, situé un peu plus loin de la côte à laquelle il est parallèle. Le mistral, vent du N.-W., hâle le Nord à mesure qu'il descend

(1) Ces informations sont empruntées principalement à l'ouvrage de M. Charles LENTHÉRIC, intitulé : *Le Rhône; Histoire d'un fleuve*; 2 vol. Plon, Paris, 1892.

(2) J. THOULET, *Mémoires de Lithologie marine*: II, Considérations sur les deltas; et III, De la progression et de la distribution des sédiments marins le long des côtes (*Annales de l'Institut océanographique*).

(3) Instructions nautiques. Mer Méditerranée. Côte Sud de France et côtes de Corse (Paris, Imprimerie nationale, réédition de 1904).

le golfe et approche du cap de Creus; il se fait sentir avec sa plus grande violence en novembre et décembre et est surtout fréquent en février et mars. Les vents du Nord au N.-N.-E. sont aussi d'une extrême violence, mais ils sont rares et de peu de durée. Il en est de même des vents de S.-E. qui règnent en octobre, avril et mai, font une mer très grosse et sont d'autant plus dangereux qu'ils sont souvent accompagnés de brumes épaisses. Les vents de Sud et de S.-W., quoique violents et donnant une grosse mer d'autant plus active sur les plages basses du Languedoc et du Roussillon que les vagues soulevées viennent alors les frapper presque perpendiculairement, sont rares et de courte durée.

Le courant côtier suit, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, toute la côte du golfe du Lion; il est particulièrement violent devant la Camargue, pour la double raison qu'il est alors grossi des eaux du Rhône et poussé par les vents dominants, de sorte qu'il atteint devant Faraman des vitesses supérieures à 3 nœuds. Cependant, quoique particulièrement renforcé devant les caps puisqu'il dépasse 2 nœuds aux pointes de l'Espiguette et d'Agde ainsi qu'au cap de Creus et même quelquefois 4 nœuds devant Cette, sa vitesse s'atténue à mesure qu'il avance vers le Sud. On a observé deux circonstances sur lesquelles nous reviendrons parce qu'elles ont un rôle important dans la répartition locale des sédiments: la première est qu'il ne pénètre pas sensiblement dans le golfe d'Aigues-Mortes, et la seconde que, venant frapper la côte entre Palavas et Cette, une portion notable se réfléchit vers le N.-E. et remonte jusque vers Pérols quoique en perdant ainsi beaucoup de sa force.

Si incomplètement connu que soit ce courant côtier, extrêmement important puisqu'il est le grand distributeur des sédiments sur le fond, le peu que l'on en sait se borne encore à ce qu'il est à la surface. Il serait à souhaiter que des recherches fussent entreprises à l'aide de prises de densités superficielles et profondes, pour se rendre compte des effets produits par le mélange des eaux douces du Rhône. Au moyen de dragues à courants ou même plus simplement avec des bouteilles accouplées du système Hauteux, on étudierait la vitesse du courant à diverses profondeurs et l'étendue de la zone de contact de celui-ci avec le sol. Nous chercherons dans la suite à estimer ces diverses variables en nous basant sur les résultats de l'analyse mécanique des échantillons du fond.

III

Bathymétrie.

On comprend sous le nom de golfe du Lion l'espace de mer borné du côté de la terre par le rivage actuel s'étendant en arc de cercle du cap de Creus jusqu'à la Provence, entre Marseille et Toulon, et vers la haute mer, par la corde grossièrement rectiligne de cet arc, falaise sous-marine dirigée du S.-W au N.-E., au delà de laquelle commencent les grandes profondeurs de la Méditerranée. Cette falaise, quelque peu étudiée en avant de Marseille

par Marion (1), a été explorée, dans sa portion voisine des Pyrénées, par M. Pruvot qui en a établi la bathymétrie avec beaucoup de soin (2). Plus loin, vers son milieu, en face des côtes du Languedoc, elle est particulièrement fréquentée par les pêcheurs qui lui donnent le nom de Planasse et assurent que son sol pierreux et sableux est un champ de pêche notablement meilleur que les fonds vaseux qui la séparent de la terre. Cette région n'a jamais été examinée systématiquement dans toute son étendue. Elle mériterait de l'être, car elle paraît représenter la bordure de l'ancien rivage méditerranéen effondré sous les eaux à l'époque tertiaire ou quaternaire, et devrait peut-être être rattachée à la Tyrrhénide, terre hypothétique qui aurait occupé, sur l'emplacement actuel de la Méditerranée, une position plus orientale dont auraient fait partie la Corse et la Sardaigne (3). M. Pruvot a reconnu au large de Banyuls, sur le flanc extérieur de la Planasse, l'existence sous-marine d'au moins deux à trois grandes fissures longues et étroites, aux parois abruptes tombant presque verticalement d'une hauteur de 300 à 400 mètres, véritables fjords appelés *rechs* dont la forme spéciale semblerait autoriser l'hypothèse d'un climat très froid à l'époque de leur création et de leur effondrement.

Dans ces conditions, le golfe du Lion serait donc un plateau, sorte de socle continental, se rattachant par des pentes très douces au continent actuel. Les isobathes correspondent assez exactement aux côtes dont elles épousent le contour. Un peu plus rapide, au moins jusqu'à une centaine de mètres de profondeur à partir de Marseille, du cap Couronne et des embouchures du Rhône, la pente s'adoucit le long du Languedoc pour s'accroître de nouveau dans le voisinage du massif des Corbières, de la côte du Roussillon et des Pyrénées.

Quand on observe en détail la disposition des isobathes immédiatement auprès de la terre, sans beaucoup dépasser vers la haute mer la profondeur de 50 m et le plus souvent en ne l'atteignant même pas, on y découvre un certain nombre de particularités.

La première est la pente relativement brusque devant la pointe de l'Espiguette. Mesurée perpendiculairement à la côte, elle est d'environ 5 mm par mètre jusqu'à 50 m de profondeur. Un peu plus loin, dans le golfe d'Aigues-Mortes, sur le terrain aplani, on note, sur les isobathes de 10 m et plus encore de 20 et de 30 m une dépression commençant devant le Grau-du-Roi et se continuant d'abord vers le S.-W. pour reprendre ensuite la direction du Sud, et qui paraît être le dernier vestige d'un ancien lit du Rhône.

Entre Palavas et Cette, le sol sous-marin continue à s'aplanir et si l'on compare la carte bathymétrique de la région à sa carte lithologique, on reconnaît qu'une portion des sédiments du Rhône, spécialement sableux, a contribué à atténuer la pente, quoique sans

(1) A.-F. MARION, Esquisse d'une topographie zoologique du golfe de Marseille (*Annales du Musée d'histoire naturelle de Marseille*. Zoologie. Travaux du Laboratoire de zoologie marine, t. I, 1^{re} partie. Marseille, 1882-1883).

(2) G. PRUVOT, Essai sur la topographie et la constitution des fonds sous-marins de la région de Banyuls, de la plaine du Roussillon au golfe de Rosas (*Archives de zoologie expérimentale et générale*, publiées sous la direction de H. DE LACAZE-DUTHIERS. Reinwald et C^{ie}, Paris, 1894).

(3) Voy. la carte de l'Europe occidentale destinée à montrer la relation des mouvements hercyniens avec les mouvements antérieurs et postérieurs, insérée à la fin de l'ouvrage de M. L. DE LAUNAY, intitulé : *La Science géologique, ses méthodes, ses résultats, ses problèmes, son histoire* (Librairie A. Colin, Paris, 1905).

produire cette accumulation locale exagérée à laquelle certains auteurs ont cru devoir attribuer l'affaissement sous les eaux de la côte avoisinante. A moins d'être protégés par l'existence d'un estuaire où ne peuvent pénétrer les courants côtiers, les sédiments apportés à la mer par un fleuve ne se déposent que pour une part infiniment petite devant une embouchure, et leur presque totalité, entraînée par le courant et soumise à la distribution en gerbe⁽¹⁾, va s'étaler à une grande distance de cette embouchure, le long des côtes en aval dont elle exhausse imperceptiblement le sol immergé voisin de la terre. En se reportant aux feuilles de l'atlas bathylithologique des côtes de France⁽²⁾, nulle part dans la disposition et la forme des isobathes on ne trouve la preuve d'un modelé sous-marin susceptible d'indiquer la formation, devant les embouchures du fleuve, d'un delta en train de s'édifier. Les eaux douces débouchent à la mer trop près du courant côtier, pour que celui-ci n'enlève pas les sédiments au fur et à mesure de leur apport et ne les disperse pas sur une étendue considérable.

La surface du golfe du Lion entre les embouchures du Rhône et le cap de Creus, entre le rivage et l'isobathe de 100 m, limite supposée de la Planasse, est d'environ 2 123 milles carrés qui, à 3,43 millions de mètres carrés le mille carré, donnent 7 281 millions de mètres carrés, superficie sur laquelle se répandent annuellement, d'après Lenthéric, 13 millions de mètres cubes de sédiments fluviaux. Chaque mètre carré recevrait donc 0,0018 m³, soit une couche épaisse de 18 millimètres. Les évaluations étant largement minima et ne tenant compte, ni des sédiments très légers déposés au delà de l'isobathe de 100 m, du côté de la haute mer, ni de ceux entraînés par le courant vers le Sud, au delà du cap de Creus, on peut admettre que les apports du Rhône sont en réalité étalés sur la surface entière du golfe du Lion où ils forment annuellement une couche de 1 millimètre d'épaisseur. Il est peu probable que l'entassement de ces vases, même accumulées pendant des siècles, soit de nature à justifier les hypothèses émises à leur sujet.

On trouve un second exemple des mêmes phénomènes sur la feuille 1 167. Exactement devant le cap d'Agde, la pente jusqu'à 50 m de profondeur est de 4 mm ; à très petite distance en aval, mesurée dans les mêmes conditions en face des embouchures de l'Orb et de l'Aude, elle est de 2 mm seulement, puis elle augmente très lentement jusque devant les caps Béar et Cerbère où elle parvient à sa valeur maximum de 5 cm par mètre, puisque la profondeur de 50 m est atteinte à moins de 1 mille de terre. Sur cette vaste étendue, on remarquera seulement, tout près du cap d'Agde, sur les isobathes de 10, 20, 30 et 40 m, une inflexion susceptible d'être considérée comme la trace laissée par l'ancien lit de l'Hérault, et quelques légères modifications des isobathes de 20 et 30 m devant l'embouchure de l'Aude. Rien dans la bathymétrie du golfe d'Agde, dont l'enfoncement est si faible, ne laisse soupçonner la présence du delta commun des trois fleuves : Hérault, Orb et Aude, si nettement marquée sur la carte lithologique par la nature différente des sédiments. Au delà, aucune particularité ne se constate devant les

(1) J. THOULET, III, De la progression et de la distribution des sédiments marins le long des côtes. Mémoires de lithologie marine (*Annales de l'Institut océanographique*).

(2) J. THOULET, Carte lithologique sous-marine des côtes de France (24 feuilles) (Aug. Challamel, éditeur, Paris, 1899).

embouchures de l'Agly, de la Têt et du Tech débouchant en côte droite où, malgré la chaîne des bancs rocheux dispersés en avant, ceux de Saint-Laurent, de Torreilles, du Roc-de-Terre, de la RocheNau, du Géomètre, de la Têt et d'autres encore, peut-être même en partie à cause de ces obstacles, les alluvions apportées sont immédiatement emportées et dispersées.

Après le cap Béar, la double présence des Pyrénées et du commencement de la Planasse provoque une disposition bathymétrique toute différente encore, trop insuffisamment connue pour qu'il soit maintenant possible de s'en rendre un compte exact et qui d'ailleurs sort des limites du présent travail.

IV

Procédés d'étude.

Les cinq feuilles de la carte bathylithologique du golfe du Lion ont été établies, au point de vue de la bathymétrie, d'après les cotes de profondeur des feuilles du service de la Marine qui leur servent de canevas et, quant à ce qui concerne la lithologie, d'après les résultats des analyses mécaniques et chimiques portés sur le tableau I. Les divers poids du travail, c'est-à-dire le degré de confiance à accorder à chacune d'elles, sont marqués par les densités de sondages respectives qui sont les suivantes :

Feuille 5 150, surface 161 milles carrés, sondages 124, densité 0,77					
— 5 172	— 164	—	—	100	— 0,61
— 1 167	— 131	—	—	82	— 0,62
— 1 166	— 123	—	—	86	— 0,70
— 1 218	— 136	—	—	120	— 0,88

Les particularités d'une côte aussi longue que celle qui s'étend des Saintes-Maries au cap de Creus ne sauraient être étudiées en bloc sans prendre en considération leur disposition rectiligne, en golfe ou en cap. Aussi a-t-il été jugé indispensable de la partager en sections présentant entre elles des analogies topographiques suffisantes pour permettre de les comparer entre elles. On a donc établi les huit sections suivantes, limitées par des droites dont les directions sont indiquées ci-dessous :

Section I (des Saintes-Maries) — entre le bord Est de la feuille 5 150, c'est-à-dire dans une direction Nord-Sud, un peu à l'Est des Saintes-Maries, et une ligne passant par la tour de Constance d'Aigues-Mortes et orientée S. 9° W. ;

Section II (du golfe d'Aigues-Mortes) — entre cette dernière ligne et une ligne tirée du clocher de Marseillan dans la direction S. 53° E. ;

Section III (du grau du Quinzième) — entre la ligne précédente et une ligne menée du sommet du mont d'Agde dans la direction S. 16° E. ;

Section IV (de l'Hérault) — entre la précédente et une ligne menée du clocher de Saint-Pierre, dans le N.-W. des hôtels des bains de mer et dans la direction S. 55° 30' E. ;

Section V (de la Nouvelle) — entre la précédente et une ligne menée du sémaphore du cap Leucate dans la direction de l'Est;

Section VI (de Leucate) — entre la précédente et la ligne menée du clocher du Barcarès de Saint-Laurent dans la direction de l'Est;

Section VII (de la Têt) — entre la précédente et la ligne E.-W. passant par le clocher d'Argelès ;

Section VIII (du cap Cerbère) — entre la précédente et la ligne E.-W. passant un peu au-dessous de la pointe de la Creu, formant la limite Sud de la feuille 1 218 de la Marine.

Les sections I, III, V et VII, se rapportant toutes à une côte en ligne droite et continue sans anfractuosités, seront comparables entre elles quant à la disposition de leurs fonds ; II et IV sont des golfes ; VI est un cap ; VIII est dans des conditions particulières.

Pour comparer entre elles les sections rectilignes de même structure et chercher les relations susceptibles d'exister entre telles ou telles de leurs conditions : nature des sédiments, grosseur des grains, profondeur, voisinage ou éloignement d'une embouchure de fleuve, d'un plateau rocheux, de l'abri d'un cap, il est avantageux de recourir aux fonds moyens ou aux sections transversales.

Un exemple montrera mieux ce qu'on entend par fond moyen et la façon d'établir celui-ci. Nous supposons donc que l'on ait besoin du fond moyen de la section III compris entre 10 et 20 mètres de profondeur.

Sur le tableau I et sur la carte, on reconnaît que trois sondages A 39, A 40 et A 59 répondent seuls aux conditions requises, de sorte que le fond moyen cherché sera figuré par le symbole III M_3^{10-20} . L'indice 3 indique, en même temps que le nombre des fonds particuliers groupés dans le fond moyen, le degré de confiance à lui accorder, car la moyenne obtenue sera évidemment d'autant plus digne de foi que cet indice sera plus élevé. Dans l'exemple choisi, le faible indice 3 ne permet d'accorder qu'une confiance assez médiocre; il en serait tout autrement avec les fonds I M_{10}^{20-20} ou V M_{12}^{30-40} , condensations pour l'un de 10 et pour l'autre de 12 fonds particuliers.

On disposera en ligne horizontale les divers éléments de chacun des fonds A 39, A 40 et A 59, tels qu'ils sont indiqués sur le tableau II ; on additionne chaque colonne verticale se rapportant aux catégories : sable, vase, calcaire, sable gros, moyen, fin, très-fin, fins-fins, argile (ces six derniers éléments avant et après acide), enfin les proportions relatives des lourds L et des légers l contenus dans le sable très fin après acide. On divise par 3 chaque total partiel et comme, le plus souvent, la somme des totaux diffère légèrement de 100, condition indispensable pour permettre les comparaisons ultérieures, afin de les ramener au pourcentage normal, on retouche chacun d'eux par le calcul, comme s'ils représentaient les chiffres bruts d'une analyse quelque peu inexacte.

Le tableau III montre le type du calcul et donne ensuite la liste des fonds moyens de chaque section rangés par ordre de profondeurs croissant de 10 en 10 mètres. Nous ne reproduisons pas les calculs qui ont servi à obtenir chacun d'eux; il sera, d'ailleurs, facile de les reprendre à quiconque éprouverait le besoin de posséder tel ou tel de ces fonds moyens. Ils sont d'une grande utilité car, en comparant la composition moyenne aux éléments qui ont servi à l'établir, on distingue immédiatement parmi ces derniers ceux

qui, s'en écartant le plus, constituent des exceptions dont on est aussitôt amené à chercher l'explication. Ce problème est presque toujours résolu par une observation attentive de la carte.

Ces résultats peuvent aussi être mis en graphiques.

Sur un papier quadrillé et par rapport à deux droites, l'une verticale figurant le pourcentage, l'autre horizontale les profondeurs, on trace par points les courbes relatives, pour chaque fond moyen, au sable total, au sable très fin, aux fins-fins, à l'argile calcaire et au calcaire total, d'après les chiffres du tableau III. La vase n'offre pas d'intérêt, étant le complément à 100 du sable et, pour les fonds du golfe du Lion, les sables gros, moyen et fin, ne se montrent guère qu'à l'état de traces. C'est ainsi qu'ont été établis les graphiques.

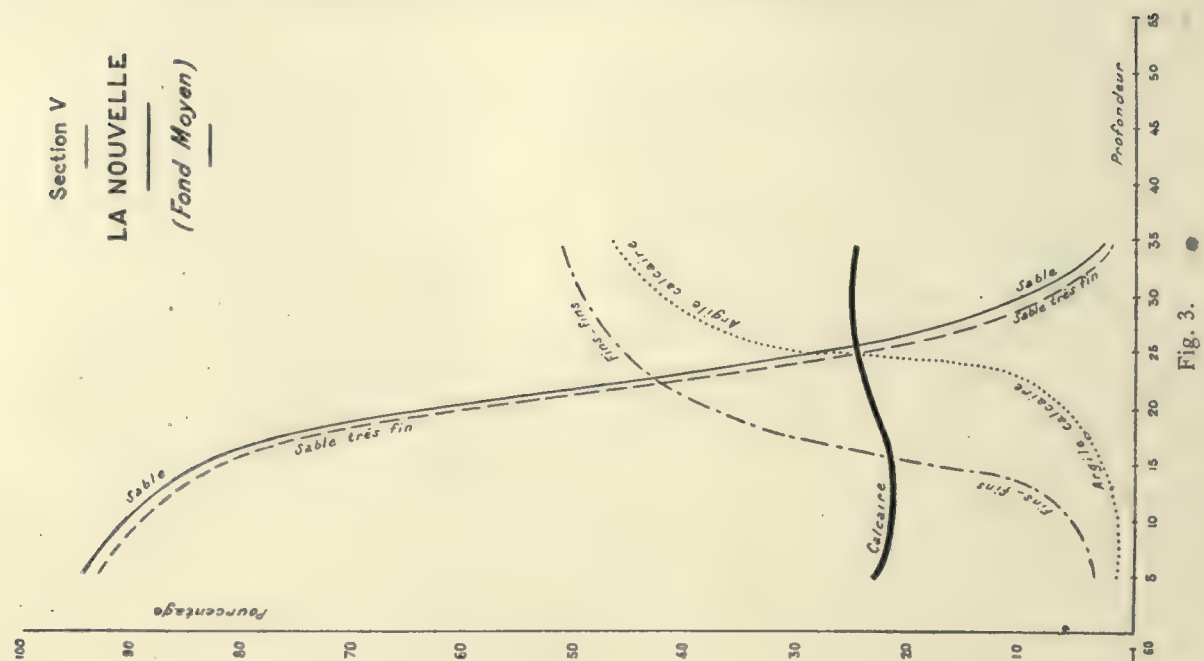
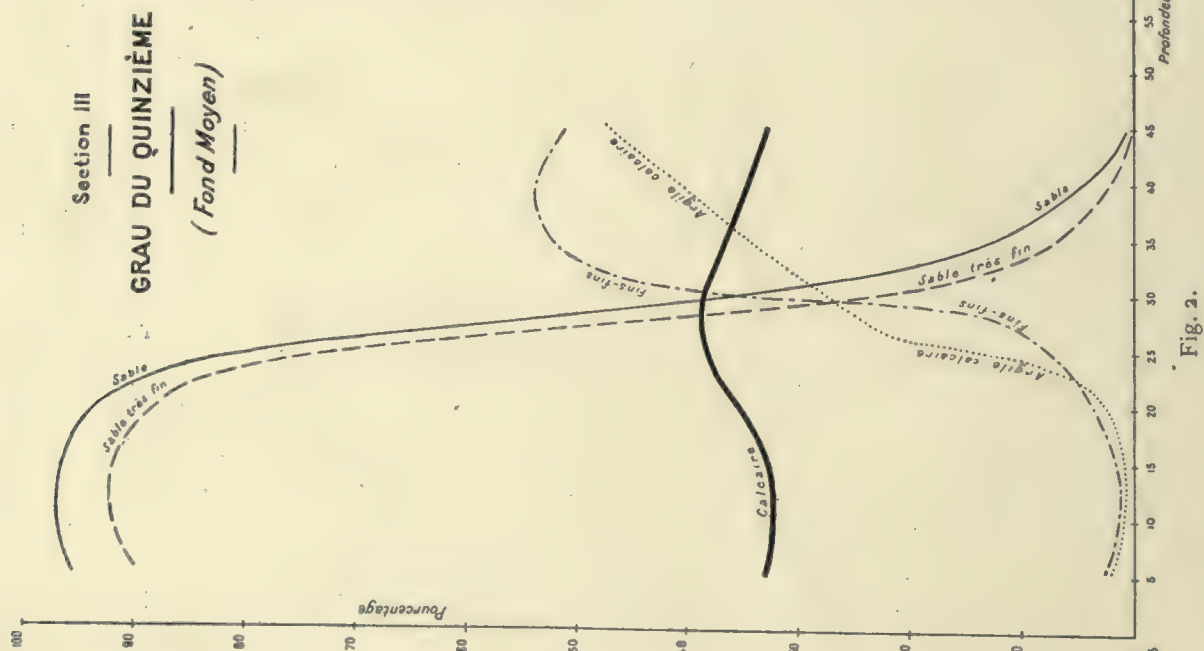
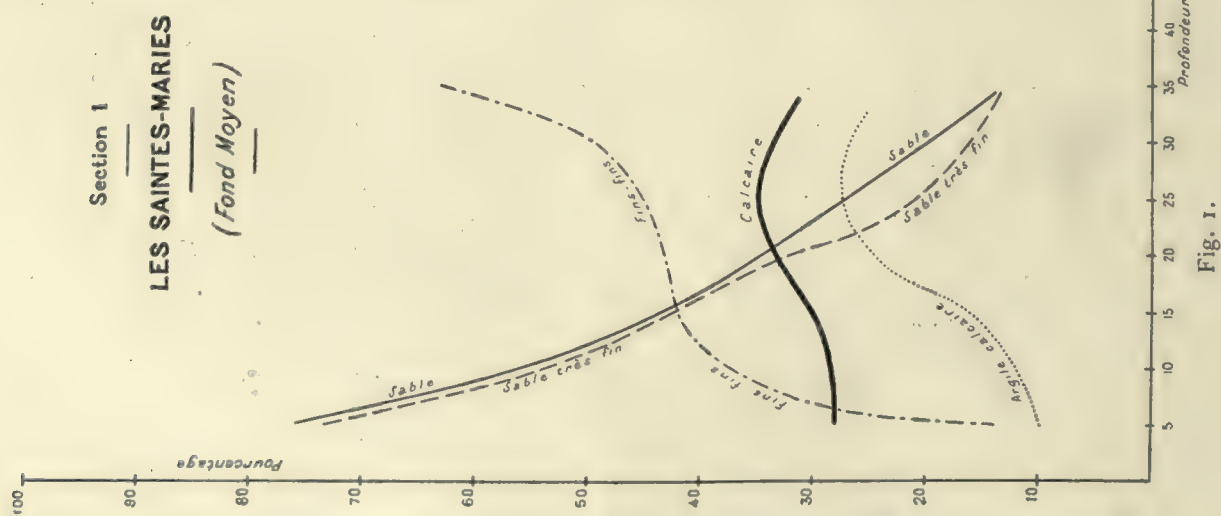
On peut encore représenter graphiquement d'une manière identique un certain nombre de fonds choisis sur la carte, en ligne droite ou à peu près, dans des directions généralement perpendiculaires à la côte et destinés à donner l'image de telle ou telle variation de composition afférente à la profondeur, à la distance à la côte ou à la pente du lit marin. Les modifications qui, dans ce dernier cas, sont à introduire dans la disposition du schéma sont trop simples pour qu'il soit nécessaire de s'y étendre davantage. On s'en rendra aisément compte sur les figures 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8.

En résumé, le mode d'investigation est conforme à la méthode de Mohr qui conseillait de poser des questions à la nature et à en chercher les réponses dans les résultats fournis par un groupement judicieux des éléments numériques du problème ou par leur représentation figurée, cartes ou graphiques. C'est bien, on le voit, une méthode statistique.

Un autre procédé d'investigation est celui de la synthèse qui essaie de reproduire expérimentalement les phénomènes en utilisant des forces analogues ou semblables à celles que l'on estime avoir été mises en œuvre par la nature pour la production de ces mêmes phénomènes. Dans le cas présent, on emploiera l'auge à courants.

L'appareil consiste en une auge rectangulaire en verre de 70×40 cm, profonde de 8 cm. Une lame mince de plomb, haute d'une quinzaine de centimètres, est contournée de manière à figurer aussi correctement que possible le contour du rivage à étudier. côte droite ou courbe, golfe, cap, port ou autre, et on la dresse verticalement dans l'auge qui est ensuite remplie d'eau sur 5 ou 6 cm de hauteur. Après avoir répandu à la surface de l'eau de la râpure de liège, on produit un courant d'air dans une direction définie par rapport à la côte, à l'aide d'une machine soufflante autant que possible continue, dont le vent est amené jusqu'au contact du liquide par un tube en caoutchouc terminé par un ajutage métallique aplati tel qu'on en emploie pour obtenir un jet d'arrosage plat. On suit alors de l'œil les mouvements des râpures de liège entraînées le long du rivage par le courant d'eau résultant du courant d'air insufflé.

Dans le but de me placer dans des conditions plus conformes à la réalité, au lieu de me servir de bandes de plomb lisses qui ne me paraissaient pas devoir produire des effets comparables à ceux des aspérités et des indentations si abondantes sur certains rivages rocheux et dont le rôle exerce une influence certaine sur le courant, par conséquent sur



Section I
LES SAINTES-MARIES

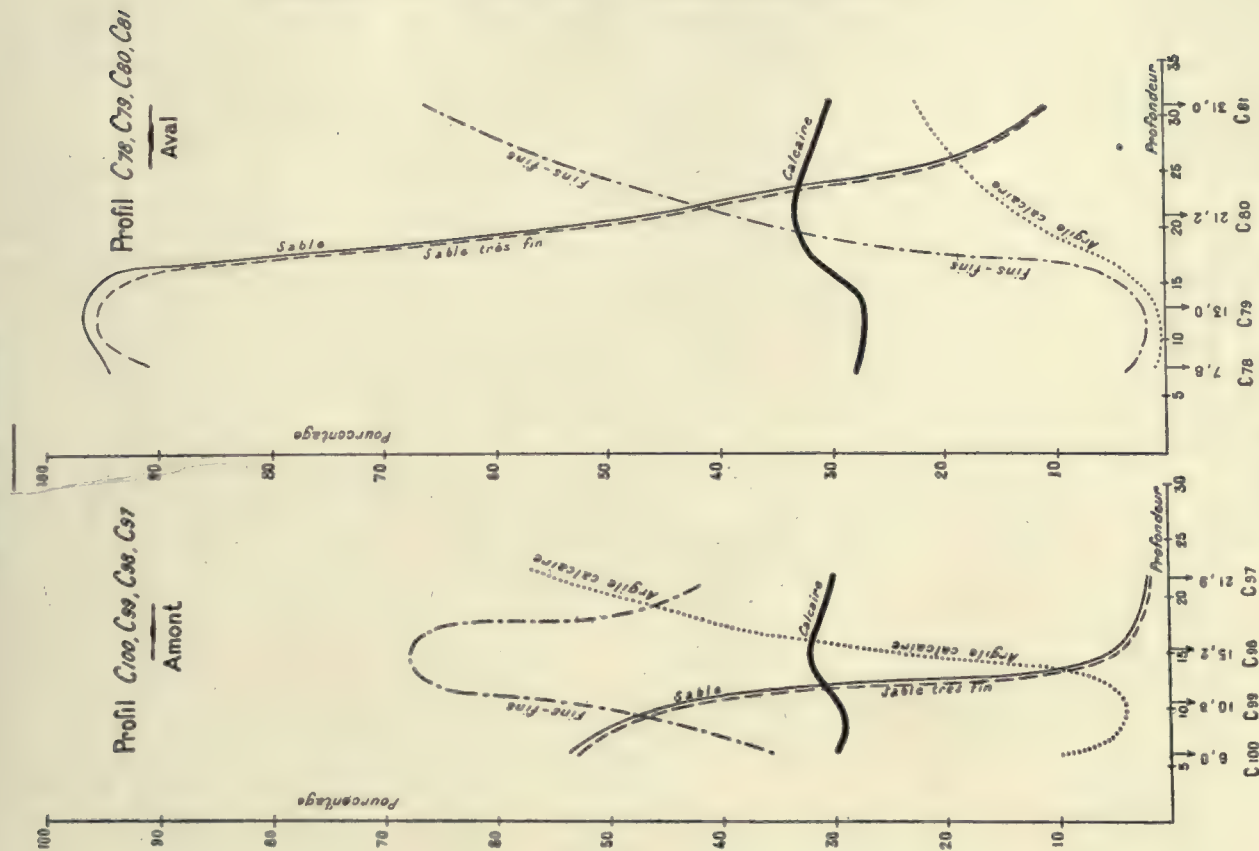


Fig. 5.

Section VII

LA TÊTE

(Fond Moyen)

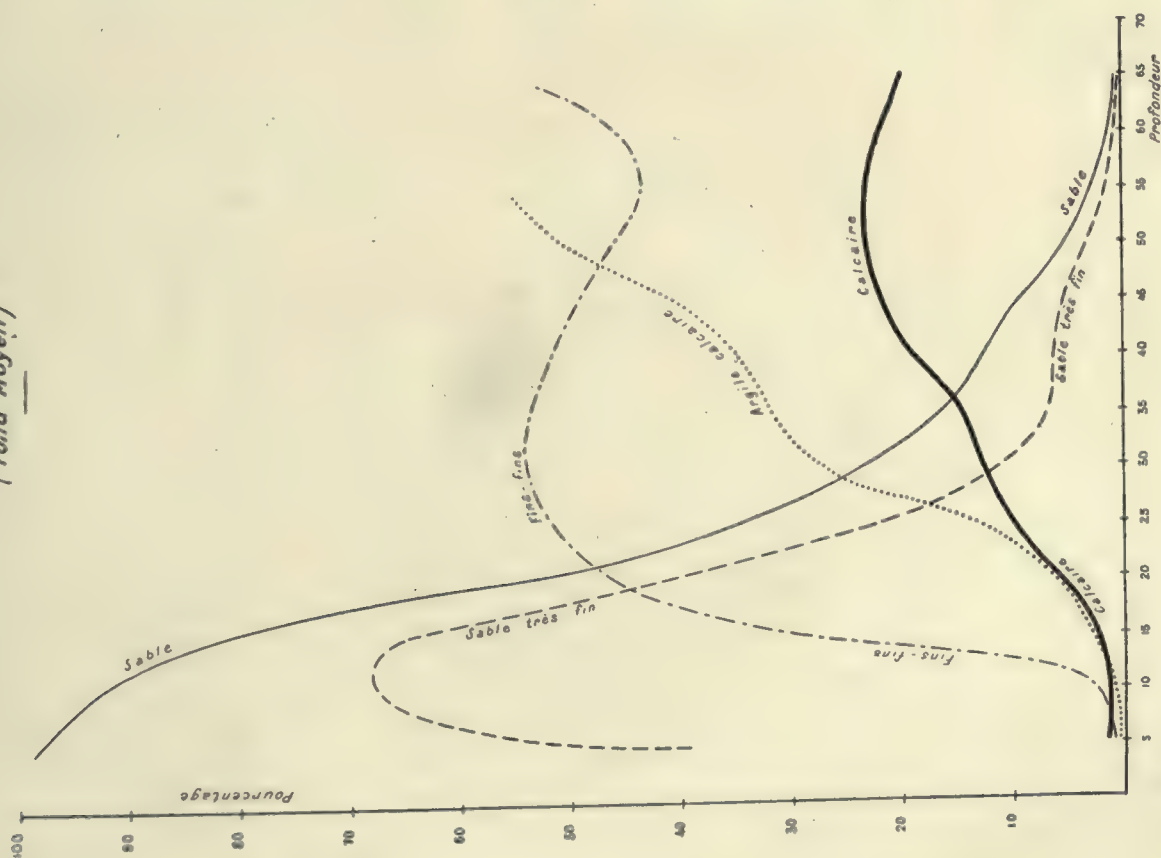


Fig. 4.

Section III

GRAU DU QUINZIÈME

Profil A40, A39, A38, A37

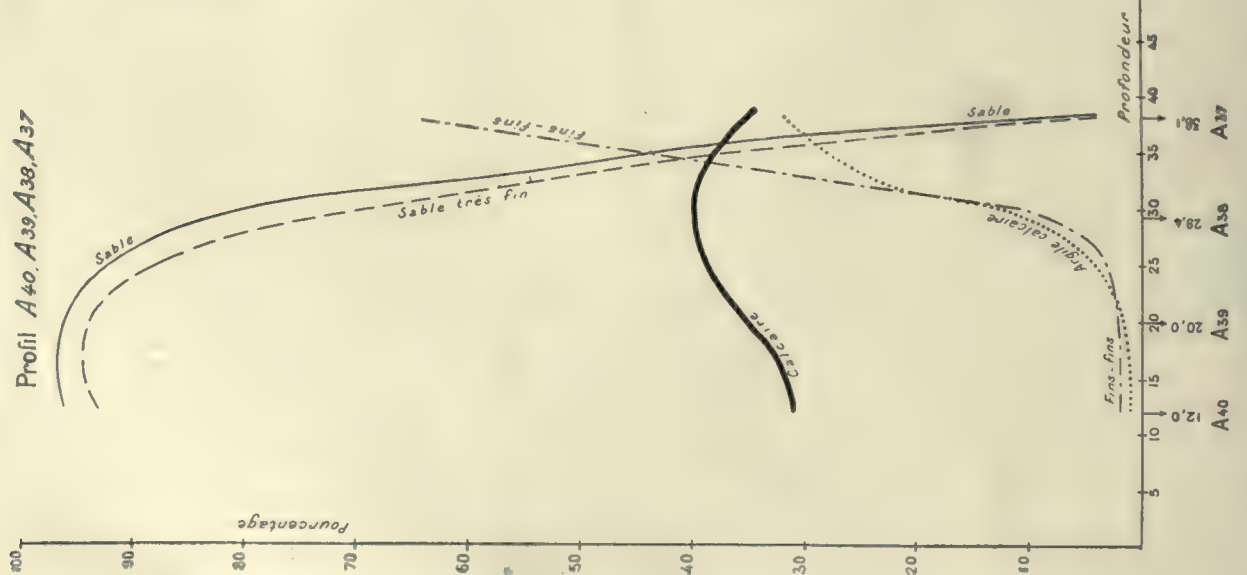


Fig. 6.

Section V

LA NOUVELLE

Profil B85, B86, B83, B82, B81

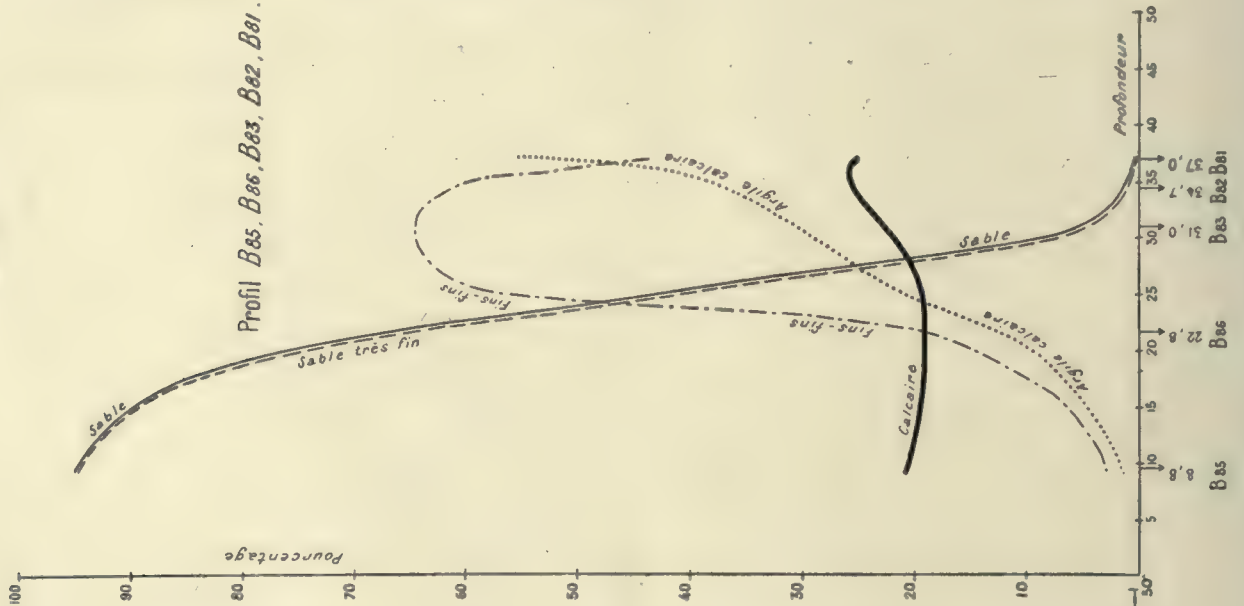


Fig. 7.

Section VII

LA TÊTE

Profil B174, B173, C44, C45, C46

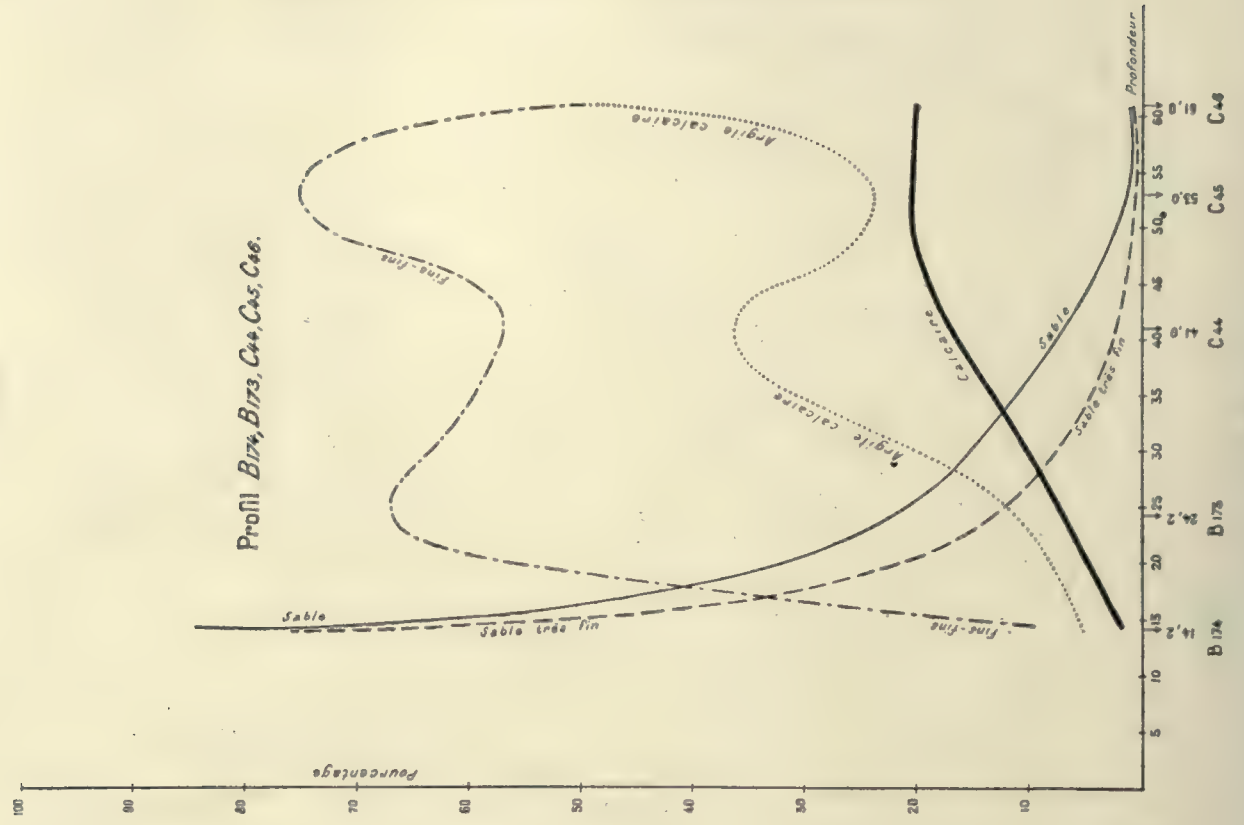


Fig. 8.

la façon dont celui-ci répartit les sédiments, j'ai rendu les lames de plomb rugueuses, en y faisant adhérer une couche de très gros grains de sable. Les résultats obtenus, surtout dans le cas des tournolements de courants et des accumulations de minéraux près des rivages, m'ont semblé beaucoup plus satisfaisants.

Pour étudier sur une carte ces accumulations de grains d'une espèce minérale déterminée et noter leur distribution, je me suis servi de petites rondelles de carton, peintes de diverses couleurs, figurant le degré de fréquence du minéral, dominant, abondant, rare ou très rare, tel que le signale l'analyse microminéralogique. Je dépose chaque sorte de rondelles à la place occupée par le fond et leur ensemble permet de juger d'un coup d'œil la loi de distribution sur le terrain.

Si l'on tasse à sec et jusqu'à refus des grains de sable égaux dans un flacon préalablement taré, portant un repère et dont on a mesuré le volume, puis qu'on pèse le sable ainsi tassé, un calcul facile permet de connaître, pour 100 grammes de chaque catégorie de sable gros ou de sable moyen, fin, très fin, fin-fin ou pour de l'argile calcaire, retirés d'un fond marin, c'est-à-dire constitués par du quartz et du calcaire ayant sensiblement la même densité 2,7, le volume apparent en centimètres cubes, le volume des vides laissés entre les grains égaux, enfin le poids des grains tassés à refus dans 1 centimètre cube. C'est ainsi qu'a été dressé le tableau suivant, après triages et pesées exécutés sur un échantillon de sable vaseux récolté dans le détroit du Pas-de-Calais par lat. 50° 58' 24" N, long. 0° 31' 39" W (Paris) et 18,7 mètres de profondeur.

	POIDS.	VOLUME			POIDS TASSÉ au centimètre cube.
		APPARENT.	RÉEL.	VIDE.	
	Grammes.	Cent. cubes.	Cent. cubes.	Cent. cubes.	Grammes.
Sable gros.....	100	78,06	38,46	40,50	1,2675
Sable moyen.....	»	63,58	»	25,12	1,5727
Sable fin.....	»	62,34	»	23,88	1,6030
Sable très fin.....	»	70,50	»	32,04	1,4183
Fins-fins.....	»	79,39	»	40,93	1,2595
Argile calcaire.....	»	123,65	»	85,19	0,8087

D'autre part, si on remplit à refus jusqu'à un repère un tube en verre, fermé à l'une de ses extrémités, de grains sableux égaux, qu'on y ajoute de l'eau et, par-dessus, une couche de grains égaux entre eux mais plus fins, du sable très fin, par exemple, dans du sable gros, puis qu'on lui communique des secousses en le frappant contre une plaque de liège déposée sur une table, on reconnaît que les grains fins descendent peu à peu jusqu'au fond en remplissant les interstices laissés entre les grains primitifs dont le niveau n'a d'ailleurs pas changé. C'est ce qu'on observe sur les plages où, en creusant le sable, on le trouve de plus en plus mélangé à des grains plus fins et même à de la vase.

Ces observations et ces mesures qui, on le comprend, ne peuvent être qu'approximatives, autorisent à formuler les conclusions suivantes :

1° Un sol formé au fond de l'eau douce, et surtout de l'eau salée qui produit la coagulation des argiles, peut être constitué par des grains de diverses catégories, de dimensions

inférieures à celles des grains formant la masse principale de l'échantillon. Ces grains, amenés par le courant au contact du terrain rugueux, ont été abrités derrière les grains plus gros et lentement sont descendus tant qu'ils ont trouvé au-dessous d'eux des interstices à remplir. Les secousses sismiques, à elles seules, suffiraient pour produire ce résultat dans la nature. Les grains plus fins, eux-mêmes, à leur maximum de tassement, laissent entre eux des vides susceptibles d'être à leur tour remplis par des grains encore plus fins et ainsi de suite, le remplissage ayant pour limite la compacité absolue, laquelle n'est évidemment jamais atteinte dans les dépôts sédimentaires naturels.

Le remplissage est susceptible de comporter le mélange d'une grande diversité de grains dont le total ne dépasse jamais le total des vides disponibles de la masse principale.

2° Un échantillon pris en un point quelconque de l'épaisseur d'un dépôt sédimentaire ancien ou d'un boudin sous-marin actuel ne se compose pas toujours d'éléments contemporains; les éléments plus petits peuvent avoir été déposés postérieurement à ceux plus gros constituant la masse. C'est pour ce motif qu'un échantillon de la portion tout à fait superficielle du sol sous-marin, tel qu'il est récolté avec un ramasseur Léger ou avec la petite drague, est celui qui renseigne le mieux sur les conditions actuelles de sa sédimentation.

3° En analysant microminéralogiquement un sédiment, dans l'appréciation de la vitesse des courants ayant amené des grains de dimensions déterminées à l'endroit où l'on observe leur présence, on ne devra prendre en considération que les grains constituant la masse pour les courants réguliers et les plus gros grains pour les courants accidentels.

Ces conclusions sont applicables aussi bien, en océanographie, aux fonds marins côtiers qu'aux fonds pélagiens, même abyssaux, balayés par des vagues de tremblements de mer dont on désirerait évaluer la vitesse, ainsi qu'aux roches sédimentaires anciennes étudiées au point de vue de la paléogéographie.

V

Distribution des sédiments sur le fond.

La côte du golfe de Lion, entre les Saintes-Maries et le cap de Creus, quant à la répartition des sédiments sur le lit marin et à l'économie générale des courants, remous et contre-courants créant cette répartition, est, par rapport au grand courant côtier méditerranéen qui la balaie, dans la condition de la rive d'un fleuve recevant les apports minéraux de ses affluents, mais ce fleuve ne possédant qu'une seule rive, l'autre étant reculée jusqu'à l'infini.

Cette conception pourrait probablement s'appliquer à toutes les côtes maritimes, car il n'en est peut-être aucune devant laquelle ne passe pas un courant. On citerait comme exemples celles qui bordent le bassin de la Méditerranée ou encore la côte française de la partie orientale de la Manche que suit, depuis son embouchure, au sein même des eaux marines, la Seine dans la direction de la Flandre, de la Belgique et de la Hollande. On serait ainsi ramené à l'idée que se faisaient les anciens du fleuve Océan, à une seule rive et coulant le long de tous les rivages.

Un simple coup d'œil sur une carte géographique de la région montre que le littoral du Languedoc et de la plus grande partie du Roussillon est constitué par une vaste plaine descendant des chaînes de montagnes, d'ailleurs assez peu élevées, qui la bordent du côté de l'intérieur et sont les derniers contreforts des Cévennes désignés sous les noms de monts Garrigues, de l'Espinouse et des Corbières. La plaine, s'abaissant toujours davantage, finit par atteindre la Méditerranée dont elle est isolée par une série presque ininterrompue d'étangs, ceux de Berre, de Valcarès, de Thau, de Gruissan, de Sijean, de la Palme, de Leucate et de Saint-Nazaire, pour ne citer que les principaux. Ceux-ci sont à leur tour séparés de la mer par une immense plage de sable, très étroite, balayée par les vagues pendant les tempêtes, coupée d'espace en espace par des ouvertures nommées graux qui tantôt sont à sec et tantôt livrent passage, temporairement ou d'une façon continue, aux eaux de la mer. A l'exception du Rhône, les fleuves qui se déversent dans le golfe, l'Hérault, l'Orb, l'Aude, l'Agly, la Têt et le Tech, sont de médiocre importance. On comprend donc que, dans ces conditions, les sédiments venant de l'intérieur, arrêtés par les étangs qu'ils contribuent à combler, n'arrivent pas à la mer, et que ceux qui jonchent le sol sous-marin ne proviennent que des fleuves ou, pour mieux dire, presque uniquement du Rhône. Après Argelès, par la rencontre des monts Albères et des Pyrénées dont le cap de Creus constitue la pointe la plus orientale, la côte change complètement de caractère et devient brusquement rocheuse cristalline et abrupte.

Nous allons résumer les considérations auxquelles donne lieu l'étude simultanée et comparative de la carte bathylithologique, des schémas de fonds moyens (fig. 1, 2, 3, 4) et de profils transversaux (fig. 5, 6, 7, 8), des données numériques de l'analyse mécanique des fonds inscrites dans le tableau II, ainsi que des conclusions énoncées dans un travail intitulé : *Mémoires de lithologie marine* (1). Nous aurons fréquemment recours à la figure 2 de l'un de ces mémoires (2), représentant une section schématique faite perpendiculairement à une côte soumise en même temps à l'action des vagues et d'un courant côtier. Ces considérations seraient aussi simples et faciles à expliquer de vive voix qu'elles sont malheureusement longues à exposer par écrit.

L'aspect seul de la carte bathylithologique montre que les fonds, à mesure que la profondeur augmente, deviennent de moins en moins sableux et, par conséquent, de plus en plus vaseux. Si de l'ensemble on passe au détail des éléments de ces fonds, en s'en tenant particulièrement aux sections de côtes rectilignes I, III, V et VII, on observe les faits suivants.

Le sable, pris dans sa totalité, atteint sa proportion maximum entre 0 et 10 m. de profondeur ; il s'abaisse ensuite régulièrement jusqu'à la proportion de 10 p. 100 entre 40 et 50 m. La vase est évidemment en proportion inverse de celle du sable, et sa répartition est par conséquent diamétralement contraire, augmentant de la côte vers la haute mer.

Le calcaire, dont il sera parlé plus loin d'une façon détaillée, est à son minimum près

(1) *Annales de l'Institut océanographique*, t. III, fasc. 7.

(2) J. THOULET, De la progression et de la distribution des sédiments marins le long des côtes, fig. 2, p. 16 (*Annales de l'Institut océanographique*, t. III, fasc. 7, 1912).

de la côte où il ne consiste guère qu'en coquilles. Le calcaire fin d'érosion n'est amené que par les fleuves, puisqu'aucun n'est fourni par les étroites plages siliceuses du rivage et, sur le sol sous-marin, il affecte la distribution en gerbe.

Le sable gros, de même que les sables moyen et fin, est en proportion infime tout le long de la côte et comme, après action de l'acide, il disparaît le plus souvent totalement ou presque totalement, on est amené à en conclure qu'il ne consiste qu'en débris de coquilles, opinion d'ailleurs confirmée par l'examen microscopique. Au-dessous d'Argelès, au voisinage des côtes montagneuses, il est moins calcaire en conséquence de la nature siliceuse des roches. Le sable gros, dont le maximum atteint rarement 5 p. 100 et le dépasse encore plus rarement, se trouve entre 20 et 30 m de profondeur. Il est de même du sable moyen, moins calcaire que le sable gros, et dont le maximum est aussi entre 20 et 30 m.

Le sable fin, encore moins calcaire, rencontre son maximum à la même profondeur ; sa proportion diminue ensuite rapidement jusqu'à 40 m pour ne plus changer ensuite.

Le sable très fin est particulièrement abondant avant la profondeur de 30 à 40 m, et il n'en existe plus loin qu'une très faible quantité. Le carbonate de chaux n'en constitue pas plus de la moitié. La proportion considérable de sable très fin et même de fins-fins dans la constitution globale des fonds montre bien que son apport est surtout attribuable au Rhône drainant un bassin médiocrement calcaire car, en définitive, la grosse source de ces matériaux détritiques est le massif des Alpes dont les débris d'érosion sont amenés par la Durance.

Le maximum des fins-fins existe plus au large que celui du sable très fin, autre conséquence de la distribution en gerbe s'exerçant à la fois d'après la densité apparente et la dimension, les dépôts étant d'autant plus écartés de la terre qu'ils sont plus fins, de densité apparente moindre ou, comme le mica, en lamelles présentant une surface énorme relativement à leur volume, ce qui leur permet de demeurer très longtemps en suspension dans l'eau et d'être transportés à une distance considérable par des courants même très faibles. Il se trouve plus près quoique en deçà de l'isobathe de 50 m et la proportion du calcaire y a toujours diminué.

L'argile calcaire a son maximum plus loin encore vers le large, mais, à partir de 50 m, elle devient sensiblement constante. Après traitement du fond brut par l'acide, on trouve presque toujours plus d'argile que dans l'analyse mécanique immédiate. Cet excès est attribuable à diverses causes. Pour une partie, il provient de la présence autour des grains sableux et proportionnellement à leur surface, c'est-à-dire d'autant plus forte que les grains sont plus fins, d'un dépôt chimique de carbonate de chaux plus ou moins argileux sur lequel nous reviendrons. Une autre cause pourrait être la dissolution, au sein des eaux marines, de grains de calcaire argileux dont l'argile, mise en liberté et d'une solubilité sinon nulle, du moins très inférieure à celle du calcaire en particules infiniment ténues, est chassée vers le large par les plus faibles mouvements des eaux. Rapportée à 100 d'argile pure, la différence entre l'argile calcaire et l'argile pure augmente avec la distance à la terre, le calcul étant fait sur les fonds moyens. Une dernière cause serait le transport éolien des argiles terrestres en même temps que des grains minéraux au-dessus

de l'Océan tout entier (1), quoique évidemment en quantité plus grande au voisinage immédiat de la côte.

Plus encore que les valeurs des fonds moyens, les graphiques relatifs à chaque section qui en sont la figuration apportent une notion frappante des phénomènes. Mais, avant d'en parler, il convient de signaler ce qu'on entend par point et ligne de moindre classement des éléments des fonds.

On vient de voir qu'un grain de sédiment, dans la position qu'il occupe momentanément sur le fond, au voisinage d'une plage, est soumis à deux forces: l'une due aux vagues le poussant vers la terre, l'autre au courant, et qui au contraire le chasse vers l'aval parallèlement à la plage. Sous l'influence de ces deux forces inégales, et où l'une ou l'autre peut l'emporter selon la position occupée temporairement par le grain sableux, celui-ci, non d'une façon continue et régulière comme si, par exemple, il descendait verticalement à travers l'eau, de la surface vers le fond, mais par saccades successives, se rapprochera de plus en plus de la position de repos maximum. Cette dernière est évidemment différente pour chaque sorte de grain selon sa dimension, sa densité apparente et le rapport de sa surface à son volume. Or, on conçoit que, de même qu'il existe une position de repos maximum et de classement définitif, il y ait aussi une position de repos minimum et de moindre classement.

Sur un schéma de fond moyen ou sur un profil transversal, cette position est réduite à l'endroit où les divers éléments des fonds sont le plus mélangés, c'est-à-dire évidemment indiqué par un point situé au centre des croisements des diverses courbes élémentaires et, sur le terrain, la profondeur de ce point est fournie graphiquement par l'abscisse correspondante à son ordonnée, sur chaque schéma. En se reportant au profil fig. 2 (2), il se trouverait à l'endroit le plus agité de l'espace ACVT où le courant rencontre le sol sous-marin et le frotte avec le plus d'énergie, c'est-à-dire de vitesse.

Si on marque ces points sur les divers profils, qu'on reporte sur la carte et qu'on les relie entre eux par une ligne, celle-ci constituera l'axe de moindre classement à partir duquel, soit vers la côte, soit vers le large, les sédiments chercheront et trouveront leur position, différente d'ailleurs pour chacun d'eux, de repos, et par conséquent de stabilité maximum. Sur la section I, la profondeur de moindre classement est de 20 m pour le fond moyen, de 22 m pour le profil transversal aval, et de même de 30 et 33 m sur la section III, 22 et 26 m sur la section V, 24 et 29 m sur la section VII, soit en moyenne 26 m.

En réduisant chaque schéma à ne donner que la courbe du sable total dont la courbe de la vase n'est que l'exacte contre-partie puisque la proportion de la vase est le complément à 100 de la proportion de sable, il est évident que l'axe de moindre classement doit se trouver là où la vase et le sable sont mélangés en proportions égales, c'est-à-dire à une profondeur correspondant à l'abscisse de l'ordonnée 50 p. 100 du sable. C'est ce qui est reconnu sur les divers schémas de fonds moyens et de profils transversaux, sauf sur le

(1) J. THOULET, Analyse d'une poussière éolienne de Monaco et considérations générales relatives à l'influence de la déflation sur la constitution lithologique du sol océanique (*Annales de l'Institut océanographique*, t. III, fasc. 2).

(2) J. THOULET, De la progression et de la distribution des sédiments marins le long des côtes, fig. 2, p. 16 (*Annales de l'Institut océanographique*, t. III, fasc. 7).

profil amont de la section I (fonds C 100, C 99, C 98 et C 97) où les courbes montrent un complet désordre des sédiments arrivés pêle-mêle par l'embouchure du Petit-Rhône et n'ayant pas encore eu le temps de commencer même à se classer. On voit que, à 5 ou 6 m de profondeur près, — ce qui est très explicable puisqu'il s'agit de la constitution de fonds dont la position sur le sol est la résultante de phénomènes aussi continuellement variables que la force des vagues et celle d'un courant sans cesse oscillant un peu plus près ou un peu plus loin de la terre, — l'abscisse de l'ordonnée 50 du sable total se confond sensiblement avec celle du point moyen de croisement des courbes élémentaires.

Sur le schéma du fond moyen de la section I, le croisement des courbes à la profondeur d'environ 20 m indique que le mélange le plus complet des divers éléments sableux et vaseux, et par conséquent le maximum de vitesse du courant immédiatement contre le sol, se trouve par cette profondeur. Les déviations locales des courbes du sable total, du sable très fin, et surtout de l'argile calcaire dont la proportion est tout à fait extraordinaire, proviennent de ce que, parallèlement au rivage, de l'Est à l'Ouest, les fonds, d'abord très vaseux, s'enrichissent rapidement en sable, vers l'aval, disposition bien visible sur la carte et mieux encore sur la fig. 5 en comparant les deux profils d'aval et d'amont.

La section III (fig. 2) offre les courbes les plus régulières, parce que le courant a acquis son régime normal avec un axe de vitesse maximum contre le sol situé à 30 m. Le sable total, surtout abondant à 15 m de profondeur, diminue si rapidement qu'à 45 m il n'en existe plus qu'une proportion infime, quoique les fins-fins soient alors particulièrement abondants. Sur le profil A40, A39, A38 et A37 (fig. 6), le point de moindre classement est par 33 m.

Sur la section V (fig. 3), l'axe de vitesse maximum du courant est revenu à la profondeur de 22 m qui atteint 26 m sur le profil (fig. 7) : mais, sur la section VII suivante (fig. 4), il se produit dans le dépôt des diverses catégories de fonds un désordre accusé par l'irrégularité et l'écartement des courbes et dû à ce que le courant, déjà dévié de sa route par la rencontre du cap Leucate, a frappé ensuite perpendiculairement la côte devenue rocheuse et plus abrupte, entre Argelès et le cap Béar, et a changé brusquement de direction afin de franchir le cap de Creus. La répartition des diverses catégories de sable et de l'argile est dès lors extrêmement troublée. Ce caractère est reproduit sur le profil transversal (fig. 8).

En résumé, depuis les Saintes-Maries jusqu'à l'approche de la côte rocheuse, l'axe de moindre classement sur le sol occupe une profondeur variant entre 25 et 30 m qui, si on se reporte aux feuilles lithologiques, correspond à peu près à la zone intermédiaire entre les sables vaseux et les vases sableuses, c'est-à-dire à la bande des vases très sableuses, dans les endroits où le régime du courant est le plus normal, entre Cette et le cap d'Agde, par exemple, et même plus loin jusque vers Leucate.

Grâce à la considération de l'axe de moindre classement, on peut essayer de calculer approximativement la vitesse du courant côtier contre le sol, en admettant que la vitesse d'un courant capable d'entraîner un grain sableux est au moins égale à la vitesse de ce grain abandonné à lui-même en chute libre dans une eau tranquille. Or, il est facile de

mesurer directement cette donnée en laissant tomber librement d'une hauteur connue, dans un tube vertical en verre rempli d'eau de mer, des grains du sable le plus gros gisant à l'endroit considéré et en évaluant, au moyen d'un compteur à pointage, le temps qu'ils mettent à descendre de 1 mètre. Cette expérience, exécutée sur du sable gros de la station A 27, a donné pour vitesse de chute des grains, et par conséquent comme vitesse d'un courant capable d'entraîner ces grains, 0,0972 m par seconde, soit 350 m à l'heure, équivalant à 1/5 de nœud. Du reste, l'abondance particulière du gravier dans les fonds de 20 à 30 m appuie l'hypothèse qui place dans cette zone la force maximum contre le fond, dans cette région, du grand courant côtier méditerranéen.

Devant les Saintes-Maries, les vases apparaissent à moins de 1 mille de la côte, par 8 m de profondeur ; au sud de l'Espiguette, par 35 m ; à la pointe extrême sous-marine du grand remous devant Palavas, par 40 m ; devant Cette, sur la section III, entre 35 et 45 m ; vers 38 m au cap d'Agde ; sur la section V, de 30 à 40 m, à mesure que la pente sous-marine augmente et à une distance de terre ne dépassant guère 2 milles, quoique s'en éloignant jusqu'à 4 milles, au large de la plaine du Roussillon, par 35 m environ de profondeur, à cause du choc du courant contre la côte entre Collioure et le cap Béar. On voit, par cet exemple, combien la limite des vases qui marque la profondeur où cesse de se faire sentir l'agitation des vagues sur le fond est variable avec les diverses conditions qui contribuent à l'établir : configuration géographique de la côte, force et direction du courant ainsi que des vagues qui dépendent elles-mêmes du régime des vents et modelé du fond, ensemble de circonstances agissant toutes à la fois et fournissant une résultante où il est difficile de considérer isolément l'influence de tel ou tel élément constituant isolé. Le courant lui-même est notablement plus rapproché de la terre, puisque son axe est sensiblement indiqué par le gisement de la vase très sableuse, et son cours est plus régulier au moins dans les sections correspondant à des côtes rectilignes.

Le schéma type de la distribution des fonds suivant un profil perpendiculaire à la côte est donc conforme à la fig. 9. Les courbes de chaque catégorie d'éléments, dans une suite d'échantillons pris de la côte vers le large, rapportées aux deux axes de coordonnées pourcentage et profondeur, iront du sable gros à l'argile calcaire en passant successivement par le sable moyen, le sable fin, le sable très fin et les fins-fins. Les maxima respectifs de chacune d'elles seront en A, B, C, D, E, F, diminuant d'abord en valeur absolue pour augmenter ensuite. Les résultats de l'analyse mécanique d'un fond situé à une profondeur quelconque p seront par conséquent indiqués par les diverses ordonnées marquant la rencontre de la parallèle à l'axe des y élevée en un point de l'axe des x correspondant à la profondeur p avec chacune de ces courbes, leur total étant égal à 100. Les minéraux entre la plage

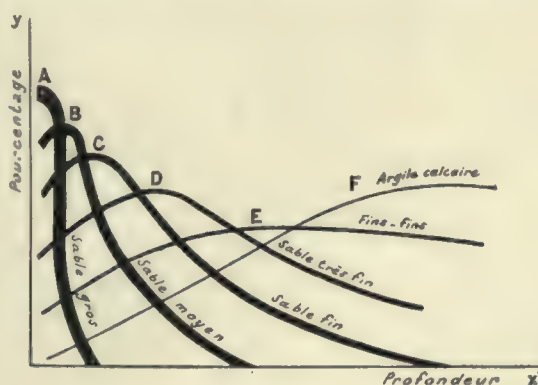


Fig. 9.

et le large sont rangés par ordre de flottabilité croissante ou, si l'on préfère, de vitesse de chute décroissante, fonction de deux variables, la densité apparente et la surface grossièrement proportionnelle à la dimension du grain, avec exceptions, pour le mica, par exemple.

Cet ordre est quelque peu troublé dans les golfes et au voisinage des caps dont nous allons maintenant nous occuper.

L'intérieur des golfes et les abords des caps, soit en amont, soit en aval, offrent un champ de distribution des sédiments tout différent de celui des plages qui viennent d'être étudiées. Ces régions dépendent surtout du courant côtier, et la façon la plus simple et en même temps la plus claire d'élucider leur régime lithologique consiste à y appliquer la méthode synthétique de l'auge à courants.

Le golfe d'Aigues-Mortes, tel qu'il est figuré sur les deux feuilles bathylithologiques 5150 et 5172, manifeste un caractère spécial. En amont, devant la pointe de l'Espiguette, il est bordé par un étroit ruban de sédiments sableux atteignant à peine un mille et demi de largeur et où se succèdent, dans l'ordre habituel, les sables, sables vaseux, vases très sableuses et vases sableuses. Il suit le contour du golfe, passe devant le Grau-du-Roi et, en parvenant à la limite orientale du banc de roches ou plutôt de mattes qui offre un si intéressant exemple du passage du règne organique au règne inorganique sur lequel nous avons déjà attiré l'attention (1), il augmente de largeur jusqu'au moment où, arrivé à l'extrémité occidentale du banc, devant Palavas, il prend d'énormes dimensions et s'épanouit en un renflement se prolongeant en pointe vers l'Est, comme s'il voulait rejoindre la pointe opposée de l'Espiguette. Ce renflement atteint 7,5 milles de large devant le poste ruiné de Philippe, sur la flèche de l'étang de Vic, puis il diminue assez rapidement de largeur pour reprendre des dimensions normales devant Cette, à la limite de la section III. Tout le centre du golfe d'Aigues-Mortes est occupé par la vase. Il semble qu'on assiste à la création d'une flèche se formant à l'encontre du courant et tendant à fermer le golfe en le transformant en un étang assez analogue comme forme et orientation à l'étang de Thau situé un peu plus loin vers le Sud-Ouest. Il convient toutefois d'observer que le relief bathymétrique ne présente aucun caractère particulier appuyant cette hypothèse, comme s'il s'agissait moins d'une accumulation de sédiments que d'un balayage du fond, un vannage éliminant à mesure de leur venue les argiles légères et ne laissant subsister que les éléments sableux plus lourds.

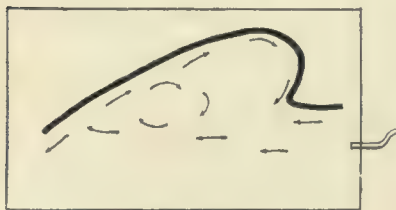


Fig. 10.

L'auge à courant fournit l'explication de ces phénomènes. Si, en effet, on dispose la lame de plomb suivant la ressemblance du golfe d'Aigues-Mortes (fig. 10) et qu'on envoie le vent dans la direction marquée par la buse, on constate qu'en frappant la côte opposée, un peu au-dessus de Cette, les parcelles de liège, contrairement à la loi de la réflexion optique, se séparent suivant deux directions

opposées : les unes continuent à suivre la côte dans la direction d'Agde, tandis que les

(1) J. THOULET, De la genèse des roches sous-marines connues sous le nom de mattes (*C. R. de l'Acad. des sc.* t. CL, p. 421, 14 février 1910).

autres, prenant la contre-marche, la remontent en contournant le golfe jusqu'à l'Espi-guette devant laquelle elles défilent avec une extrême rapidité avant de rentrer dans le courant principal et de fermer ainsi le circuit. Un remous se produit, rassemblant et immobilisant les particules précisément à la place où, en mer, s'étalent les sédiments sableux recouverts d'une quantité considérable de coquilles tirant sans doute leur alimentation des matières apportées par les eaux en mouvement et favorisant, en aval du courant, la formation, par voie chimique, du carbonate de chaux cimentant les mattes.

Le courant, redevenu régulier et parallèle à la côte sur la section III, se heurte ensuite contre le cap d'Agde prolongé sous-marinement par un assez vaste plateau rocheux. Il en résulte une brusque modification dans la nature des sédiments, et en particulier des sables vaseux et des vases très sableuses, et le courant, s'infléchissant vers le Sud-Ouest, vient frapper le rivage opposé devant Gruissan à partir duquel il recommence à suivre la côte. Il laisse donc entre lui et la terre située au Nord un espace qui est le golfe d'Agde et que recouvrent les trois deltas accolés de l'Hérault, le plus considérable, de l'Orb et de l'Aude. Ceux-ci manifestent deux particularités : en premier lieu, le modelé du fond ne semble pas modifié et laisse encore discerner, comme on l'a déjà remarqué, l'ancien lit de l'Hérault maintenant sous-marin; en second lieu, un changement notable dans la nature des sédiments devenus plus sableux, de sorte que ces deltas sont beaucoup plus lithologiques que topographiques. Il ne serait même pas étonnant que la constitution des fonds fût quelque peu variable à diverses époques, selon les crues du fleuve, la déforestation ou la forestation de son bassin et les différences corrélatives dans l'abondance et la qualité des sédiments transportés. Actuellement, le delta a même sa pointe déviée vers l'Ouest sous la poussée du courant. La portion due aux apports de l'Orb et de l'Aude est occupée par des amas plus irréguliers de sables, de sables vaseux, de vases sableuses, et même par un îlot de vase très sableuse, troublés dans leur sédimentation et en quelque sorte repoussés en même temps en haut vers l'Ouest, en bas, au contraire, dans le Nord-Est par le courant exerçant directement son effort et par le contre-courant remontant et reproduisant devant Gruissan les phénomènes de marche en sens inverse et de remous précédemment constatés dans le golfe d'Aigues-Mortes. Il n'est pas besoin de faire remarquer combien ces considérations jettent de lumière sur la structure des anciens terrains sédimentaires dont s'occupe la géologie stratigraphique.

Le banc rocheux de Vendres devant l'embouchure de l'Aude, et qui est peut-être aussi de la nature des mattes, mériterait d'être étudié en détail car il serait alors la conséquence des apports riches en matières organiques et relativement peu bourbeux d'un fleuve déversant ses eaux douces au sein des eaux méditerranéennes salées et abondantes en sulfate de chaux dissous. En tout cas, la présence de roches en aval du Rhône, dans le golfe d'Aigues-Mortes, de l'Hérault, de l'Aude et, plus au Sud, devant l'Agly, la Têt et le Tech, est digne d'attirer l'attention des océanographes et des géologues.

Au cap Leucate s'observe un autre genre d'irrégularité admirablement reproduit avec

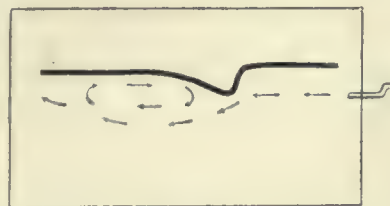


Fig. 11.

l'auge à courants (fig. 11). D'abord choc brusque des eaux sur le flanc d'amont du massif rocheux, d'ailleurs médiocrement accentué, dont la portion émergée se prolonge sous-marinement par un plateau rocheux. Il en résulte un arrêt des vases très sableuses et un contournement des sables vaseux qui se disposent ensuite en flèche sous-marine terminée par un îlot de vase très sableuse à l'endroit où le courant augmente quelque peu d'intensité et flanquée de chaque côté par des vases sableuses. La disposition des fonds serait comparable à celle d'un golfe n'ayant qu'une seule pointe, le cap Leucate, la seconde pointe étant atténuée jusqu'à ne plus exister. L'auge montre que le phénomène est encore dû à un remous très allongé produisant une zone de calme où se déposent des sédiments moins riches en sable ou, ce qui revient au même, plus riches en vase légère.

A partir de Leucate, les dépôts deviennent de plus en plus irréguliers, conséquence de l'obstacle constitué par le cap lui-même, des embouchures successives et très rapprochées les unes des autres de l'Agly, de la Têt et du Tech, et aussi du semis de plateaux rocheux sous-marins dispersés le long de la côte. Mais la principale modification dans l'ordre de sédimentation a lieu au moment où les eaux sont fortement détournées de leur route

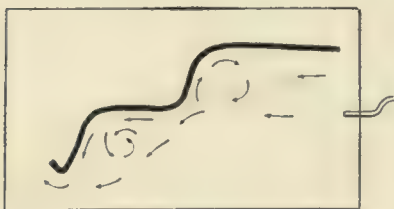


Fig. 12.

par le premier ressaut du massif des Albères et des Pyrénées, et qu'il est plus facile d'observer et de comprendre sur la carte lithologique que de décrire. Il se fait un amincissement considérable des sédiments sableux entre Argelès et le cap Béar, et le courant côtier, rejeté très au large afin de pouvoir franchir le cap de Creus, produit entre lui et la terre un puissant remous qui occasionne l'abondant dépôt vaseux occupant le centre de la baie de

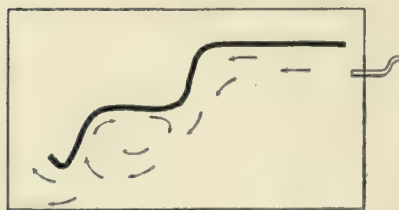


Fig. 13.

la Selva. La même ordonnance se retrouve à une échelle infiniment réduite dans le petit golfe, simple échancrure du rivage, situé entre le cap Béar et le cap l'Abeille, et dont le centre est occupé par un îlot minuscule de vase sableuse entourée de sable vaseux. Une fois encore, l'auge à courants explique, en les reproduisant, ces variations si régulières, et l'on parviendra même à apprécier la distance à la terre de l'axe du courant en envoyant le vent parallèlement à la côte et à quelque distance (fig. 12), ou mieux en l'en rapprochant quelque peu (fig. 13), car on imite alors avec plus d'exactitude le double phénomène d'un courant très rapide et sans remous dans la baie d'Argelès et du vaste remous traduit par les vases du centre de la baie de la Selva séparées de la terre par une bande étroite de sédiments plus sableux.

VI

Étude du calcaire.

Sur le tableau II, le pourcentage de chaque élément dans chaque fond, est indiqué en deux colonnes : la première, avant acide, donnant le pourcentage de cet élément obtenu

par pesée, après triage du fond brut; la seconde, le pourcentage de ce même élément dans l'échantillon débarrassé de son calcaire par l'action de l'acide étendu.

En parcourant les colonnes relatives au sable gros, au sable moyen et même au sable fin, on reconnaît que presque toujours l'acide supprime tout le sable gros, très fréquemment tout le sable moyen, mais plus rarement tout le sable fin, ces trois catégories n'étant d'ailleurs jamais abondantes. On est amené à en conclure que les sables gros, moyen et fin, ne sont à peu près uniquement composés que de débris de coquilles, et que le carbonate de chaux dont la présence est constatée est du calcaire géologique.

Le tableau II montre aussi que le pourcentage de ce carbonate de chaux est remarquablement uniforme pour toute la région. Sa teneur moyenne y est d'environ 35 p. 100, et l'on observe en outre qu'elle diminue régulièrement à mesure que, des Saintes-Maries, on s'avance davantage vers le cap de Creus ou plutôt vers Argelès car, à partir de ce point, le calcaire, d'un fond à l'autre, subit de brusques variations explicables par la nature rocheuse de la côte devenue plus riche en coquilles, par les remous du courant côtier très troublé dans sa régularité par l'orientation si différente de la côte et par les localisations minérales qui en sont la conséquence. On en déduit d'abord une confirmation de ce qu'avait pu déjà suggérer, sur les schémas de fonds, la ressemblance frappante et la quasi-confusion des courbes du sable total et du sable très fin, que le calcaire est apporté surtout par le Rhône et que ce fleuve, au moins dans les portions inférieures de son cours, possède un bassin médiocrement riche en carbonate de chaux.

La distribution en gerbe du calcaire depuis l'embouchure du Rhône, est très apparente lorsqu'on suit, sur les cinq feuilles de la carte, en commençant par la plus septentrionale et en descendant vers le Sud, la répartition des chiffres romains I, II, III et même IV, marquant le pourcentage du carbonate de chaux en chaque localité. Sur les feuilles d'Aigues-Mortes et de Cette, tous les fonds sont notés III; le signe II commence un peu au-dessous de l'embouchure de l'Aude et suit jusque vers le Barcarès la côte dont il s'écarte toujours davantage en se juxtaposant à des fonds marqués III. Alors, contre la côte, débutent les fonds I qui vont jusqu'à Argelès et, s'ils sont ensuite suivis par des fonds II, en d'autres termes si la teneur en carbonate de chaux augmente, on en trouve encore l'explication dans la nature rocheuse de la côte plus abondante en coquilles, et sans doute aussi dans les apports des fleuves Agly, Têt et Tech, dont le bassin commun est en grande partie calcaire et qui débouchent à peu près au même endroit. Partout, du rivage vers la haute mer, la teneur en calcaire augmente et sa distribution en gerbe, déjà élucidée théoriquement, devient sur la carte la simple constatation d'un fait.

Si l'on considère sur l'ensemble du tableau II, pour chaque catégorie d'éléments, le pourcentage avant et après acide, on voit que, dans un grand nombre de cas, il y a, après action de l'acide, plus de grains qu'avant cette action. Ainsi, pour prendre un exemple au hasard, le fond A 20 contient 17,1 d'argile calcaire et 28,4 d'argile dépouillée de son calcaire.

Cette anomalie est d'autant plus fréquente qu'il s'agit de sédiments plus fins; elle n'existe jamais pour les sables gros et moyen, est rare pour les sables fins, un peu moins pour les sables très fins, mais au contraire assez fréquente avec les fins-fins et surtout avec

l'argile. Elle est en réalité due à la précipitation et à la fixation du carbonate de chaux autour de grains inattaqués par les acides.

Les matières organiques en décomposition produisent du carbonate d'ammoniaque qui, au contact de l'eau de mer contenant du sulfate de chaux en dissolution, donne naissance par double décomposition à du sulfate d'ammoniaque qui se dissout et à du carbonate de chaux qui se précipite autour des grains siliceux proportionnellement à leur surface, c'est-à-dire plus abondamment autour des petits grains qu'autour des gros. Quand le phénomène s'effectue avec une intensité suffisante, il finit par cimenter les sables ou les argiles du fond et à les transformer en véritables roches. C'est ce qui a lieu au banc de mattes du golfe d'Aigues-Mortes, où les plantes marines et les animaux qui s'en nourrissent fournissent après leur mort le carbonate d'ammoniaque indispensable à la réaction.

Mais, s'il s'effectue un enveloppement par le carbonate de chaux de grains siliceux et surtout si cet enveloppement est proportionnellement plus abondant sur les petits grains que sur les gros, on conçoit que l'acide, supprimant l'enveloppe, diminue le volume des grains et les fait passer d'une catégorie de dimension supérieure à une catégorie de dimension inférieure, ainsi qu'en témoigne l'analyse. L'augmentation de pourcentage peut même devenir telle, surtout pour une catégorie fine, que le poids des sédiments siliceux soit plus élevé après qu'avant acide.

J'ai essayé d'évaluer la proportion du carbonate de chaux ainsi déposé par voie chimique.

Trois fonds : A 69, B 108 et C 100 ont donné (tableau II) les proportions ci-dessous de fins-fins, d'argile et, pour le dernier, de sable très fin, de fins-fins, d'argile après acide, ces proportions ayant été établies après attaque du fond total préalablement trié et tamisé ensuite une seconde fois. Les mêmes fonds ont subi une nouvelle analyse et on y a dosé le carbonate de chaux, non plus sur l'échantillon en bloc, mais séparément sur les fins-fins et sur l'argile des fonds A 69 et B 108, sur le sable très fin, les fins-fins et l'argile de C 100. Les résidus siliceux sont également inscrits ci-dessous :

APRÈS ACIDE.					
		Dosage en bloc.		Dosage séparé.	Différence.
A 69....	{ Fins-fins.....	16,9	||	29,5	+ 12,6
	{ Argile.....	49,8		34,3	— 15,5
		66,7		63,8	— 2,9
B 108....	{ Fins-fins.....	17,1	||	23,7	+ 6,7
	{ Argile.....	55,1		46,4	— 8,7
		72,2		70,1	— 2,0
C 100....	{ Sable très fin....	37,6	||	36,1	— 1,5
	{ Fins-fins.....	25,2		24,0	— 1,2
	{ Argile.....	6,5		6,2	— 0,3
		31,7		30,2	— 1,5

Le dosage séparé a donc toujours donné moins de calcaire, c'est-à-dire plus de résidu

siliceux pour les fins-fins et plus de calcaire, et par conséquent moins de résidu siliceux pour l'argile que le dosage en bloc. Si cependant on additionne les fins-fins et l'argile, on trouve, au contraire, des nombres très sensiblement concordants avec une différence à peu près constante comprise entre 1,5 et 2,9. On en conclut que, sur les plus petits grains où le phénomène s'exerce avec le plus d'énergie, le pourcentage de calcaire déposé chimiquement varie entre 1,5 et 3 p. 100.

L'examen microscopique après immersion dans la naphthaline verdie qui colore vivement le calcaire, et en faisant abstraction des autres minéraux, de chacune des catégories sable très fin, fins-fins et argile calcaire résultant de l'analyse mécanique, sans action de l'acide, des fonds C 100, A 69 et B 108, n'est pas sans intérêt.

C 100, très voisin de l'embouchure du Rhône, est remarquable par l'absence à peu près complète de débris coquilliers ; la proportion de calcaire, médiocre dans le sable moyen, augmente dans le sable fin, davantage encore dans le sable très fin, pour diminuer quelque peu dans les fins-fins.

A 69, au large du cap d'Agde, a son sable gros composé uniquement de fragments de coquilles, sauf de très rares grains minéraux : le sable moyen ne contient que des débris végétaux et de coquilles, des spicules et de très nombreux foraminifères calcaires, globigérines et autres, qui me semblent être les mêmes que ceux que j'ai rencontrés dans les grands fonds pélagiens du milieu de l'Atlantique. On retrouve ces mêmes débris d'organismes ainsi que des escarbilles de bateaux à vapeur, des moulages glauconitiques ainsi que du calcaire en grains, quoique en plus petite quantité, dans le sable fin, le sable très fin et les fins-fins.

B 108, devant Leucate, présente absolument la même constitution et la même extrême richesse en débris organisés que A 69. La présence des foraminifères est une confirmation de l'opinion qui réunit toutes les vases pour en faire les fonds pélagiens, car, voisines ou éloignées des côtes, leur constitution demeure la même, différente de celle des fonds côtiers, et elles sont composées des mêmes éléments, argile, dépouilles de foraminifères et minéraux en proportions variables selon la situation. Près de la terre, les foraminifères sont rares ; au centre des océans, ils forment la presque totalité des échantillons ; il n'y a là qu'une question de plus ou de moins qui n'est appréciable que d'une manière très vague.

VII

Étude microminéralogique.

L'analyse microminéralogique des fonds marins, devenue aujourd'hui si précise, se propose de résoudre trois problèmes principaux : la découverte du lieu d'origine continentale des sédiments récoltés en une localité quelconque, celle des lois qui président à leur répartition sur le sol océanique, et la connaissance de divers phénomènes dont ils sont ou ont été le siège, phénomènes d'ordre mécanique comme par exemple des chocs, des frottements et des transports ou d'ordre chimique comme des décompositions, des modifications et des transformations. Ces points élucidés éclairciront à leur tour une question

d'un haut intérêt, celle de la durée du séjour du sédiment dans l'océan. Tous les événements auxquels a assisté le grain de sable entre sa création et l'instant où il a été recueilli ont, en effet, imprimé sur lui leur trace qu'il ne s'agit que d'essayer de déchiffrer en attendant que la science soit devenue capable d'en faire couramment la lecture.

ORIGINE CONTINENTALE DES SÉDIMENTS. — Tout fragment rocheux, si petit qu'il soit, examiné attentivement, possède des particularités qui, dans une région déterminée, n'appartiennent guère qu'à tel ou tel gisement : nature minéralogique, modifications intérieures ou extérieures conséquences de conditions physiques spéciales, température, solidification, fusion, réchauffements et refusions traduites par des changements correspondants de la densité, de l'état cristallin, de la chaleur spécifique et surtout des propriétés optiques comme, par exemple, pour les orthoses déformées. Aux minéralogistes incombe la tâche, en calculant expérimentalement les données numériques caractéristiques de ces événements, d'établir les bases de recherches destinées à ouvrir des voies nouvelles à la géologie et à la lithologie, devenues grâce à elles véritablement méthodiques et rigoureuses. Dans cet ordre d'idées, au Laboratoire de Géophysique de l'Institution Carnegie, à Washington, s'effectuent des travaux dont il y a tout lieu d'attendre les résultats les plus fructueux. Les océanographes devront ensuite reconnaître sur les grains soumis à leur examen ces signes indicateurs et en tirer les conséquences.

En attendant s'impose une étude susceptible d'être dès à présent abordée, car on possède déjà des données suffisantes pour l'amener à un degré de rigueur qu'augmentera chacune des découvertes ultérieures des minéralogistes physiciens.

L'érosion est la source principale des sédiments, surtout côtiers, amenés par les fleuves à la mer au sein de laquelle, sous l'influence des vagues et des courants, ils continuent leur route pour se déposer et trouver le repos, au moins mécanique, dans des conditions dont une partie est possible à fixer. Avant donc d'étudier les sédiments sur le fond de la mer, il conviendrait de les connaître à l'embouchure des fleuves qui les ont amenés et exactement avant qu'ils aient été déversés dans l'Océan. S'écartant momentanément en apparence du but océanographique spécial que nous avons en vue, peut-être serait-il bon de conseiller d'entreprendre l'examen des fleuves, de leur source à leur embouchure et de chacun de leurs affluents un peu en amont de sa rencontre avec le cours d'eau principal. On obtiendrait ainsi la notion résumée et pourtant complète de la constitution pétrographique de chaque bassin secondaire et, par suite, du bassin tout entier.

C'est précisément l'observation microscopique des sédiments marins antérieurement fluviaux qui m'a amené à cette conclusion et comme, actuellement, rien n'est encore fait dans cette voie, je m'aperçois trop tard que j'aurais dû commencer par la récolte et l'étude détaillée des sédiments uniquement d'eau douce situés un peu au-dessus des embouchures du Rhône, de l'Hérault et des autres fleuves débouchant dans la zone de côtes à laquelle se rapportent les cinq feuilles de la carte bathylithologique du golfe du Lion. Je ne saurais maintenant songer à entreprendre moi-même cette lourde besogne et reculer davantage la publication de cartes achevées. En revanche, j'ai modifié mon intention primitive de continuer l'œuvre longue, pénible et forcément destinée à être incomplète, de l'analyse microminéralogique de tous les fonds recueillis. Je n'ai choisi parmi eux que ceux dont

l'examen avait des chances d'amener une conclusion intéressant immédiatement l'océanographie, parce qu'ils provenaient de localités sous l'influence de conditions particulièrement nettes. J'ai pris ceux voisins de l'embouchure du Petit Rhône, de la côte du Languedoc devant Cette, Agde et Gruissan, puis ceux du cap Leucate qui oppose un brusque obstacle au courant méditerranéen, ceux plus bas du côté de l'Agly, de la Têt et du Tech, ensuite ceux encore plus méridionaux de la région montagneuse du golfe de la Selva et ceux qui, par delà le champ de vase dû à l'immense remous du courant côtier, commencent la Planasse dont l'étude complète serait si désirable. Pour rejoindre les unes aux autres ces localités éparses et m'assurer qu'aucun changement vraiment important n'existait entre elles, je me suis contenté d'examiner les échantillons de dix en dix, dont la station avait pour numéro d'ordre un nombre rond de dizaines. J'ai constaté ainsi que, comme on devait logiquement s'y attendre, les sédiments venaient d'amont, d'abord les roches vertes du Rhône, plus loin les basaltes et les dolomies des plages et des cours d'eau du Languedoc, plus loin encore ceux provenant des schistes cristallins du rivage devenu rocheux et escarpé.

DISTRIBUTION DES MINÉRAUX SUR LE FOND. — Négligent ici le calcaire dont il a été parlé antérieurement, nous avons reconnu et il est d'ailleurs évident que la répartition et la sédimentation des minéraux sur le fond résultent du mouvement des eaux, courants et vagues, et de la flottabilité des grains conséquence de leur densité dans leur état actuel, c'est-à-dire de leur densité apparente et de leur forme. Là où le courant est violent, il apporte les sédiments, même les plus pesants, et il les abandonne ensuite selon leur ordre décroissant de flottabilité là où sa vitesse diminue pour quelque cause que ce soit : voisinage de la terre atténuant la profondeur, apparition soudaine d'un cap, courbure des golfes et quelquefois même existence de bancs rocheux tels que ceux du golfe d'Aigues-Mortes ou de la traînée comprise entre Leucate et Argelès. Il ne serait donc pas impossible d'étudier synthétiquement les dépôts, dans une région déterminée, au moyen de l'auge à courants.

Le premier groupement est celui constituant la section I entre les Saintes-Maries et la pointe de l'Espiguette. A l'embouchure même du Petit-Rhône, les sédiments, déposés pêle-mêle dès leur contact avec les eaux salées, sont très grossièrement classés sous l'influence des vagues tout près de la côte dont nulle part ailleurs les vases ne sont plus voisines. Mais l'effet du courant ne tarde pas à se faire sentir et à mettre de l'ordre dans cette confusion.

Les très fins lourds (densité supérieure à 2,8) des sables et des sables vaseux proches du rivage abondent en grains à ocre brune ou jaune parmi lesquels l'ocre rouge est plus rare, en mica muscovite blanc, biotite noire et mica vert, ce dernier en proportion moindre. Les grains de feldspath ferrugineux à teintes de polarisation pâles ressemblent à du magma basaltique dont ils se distinguent néanmoins, parce que leur magnétite y est distribuée, non pas en points isolés, mais en nuages ; ils sont concentrés dans les lourds moyennement attirables à l'électro-aimant (de 0,35 à 1,2 ampères). Partout on rencontre, quoique en faible quantité, le grenat-spinelle, la dolomie, la chlorite, les amphiboles (trémolite, glaucophane, hornblende) et le pyroxène ; presque partout la staurotide, occasionnellement le sphène, le péridot, l'apatite, le corindon, l'axinite et l'épidote, tous en traces, ainsi que la magnétite isolée très rare ou absente. Il en est de même du zircon en fragments arrondis et de la tourmaline toujours chargée de fer. La glauconie, localisée à

l'embouchure même du Rhône où elle est assez abondante, et à l'ouest de cette embouchure, disparaît totalement aux environs de l'Espiguette.

Les grains légers (densité inférieure à 2,8) sont à peu près les mêmes, que l'échantillon ait été recueilli près ou loin de la côte : quartz hyalin, silex et quartz cristallin, abondants ou très abondants, et toujours plus ou moins recouverts d'un enduit de limonite. Le feldspath ferrugineux est en moindre quantité que dans les lourds. En revanche, l'orthose sale ou laiteuse abonde, et sa proportion l'emporte sur celle des plagioclases. On y trouve aussi des paillettes de muscovite et de mica vert.

La composition des fins-fins ressemble à celle du sable très fin dont ils contiennent à peu près tous les minéraux, quoique le zircon en petits cristaux aux arêtes émoussées et la tourmaline en cristaux transparents et parfaits y soient plus fréquents. Les micas sont plus rares ; leurs paillettes ne sembleraient donc pas être divisibles à l'infini et, comme à partir d'une certaine dimension leur flottabilité demeure sensiblement la même, ils se répandent sur une vaste étendue, ce qui diminue évidemment leur proportion relative en chaque endroit. Près de l'Espiguette, les fins-fins contiennent de très petits chondres transparents, et plus rarement des globules noirs, les uns et les autres d'origine cosmique. Ils disparaissent à l'embouchure du fleuve qui les a pourtant apportés après les avoir drainés, par ses affluents grands et petits, sur la surface entière de son bassin.

Dans les échantillons de vase sableuse ou de vase proprement dite, on reconnaît que, sauf les micas, les minéraux lourds diminuent à mesure qu'on s'écarte davantage de la côte ; on n'y trouve ni magnétite, ni tourmaline, ni zircon, à peine de grenat, d'amphibole, de pyroxène et de chlorite, de sorte que ces fonds sont presque uniquement composés de micas avec prédominance de muscovite, de feldspath ferrugineux et de limonite.

Si on aborde la région en amont de Leucate, on remarque qu'après l'Espiguette et l'énorme amas sableux signalé devant Palavas et dû au rejet du courant méditerranéen contre la côte de Cette heurtée obliquement, le courant reprend son cours normal, régularité ayant pour conséquence celle des dépôts et de la distribution des diverses espèces de minéraux. Il y a abondance de magma basaltique et de dolomie qui diminue en se rapprochant de Leucate et même disparaît entièrement au large du cap. Les micas sont toujours abondants aussi bien contre le rivage que vers la haute mer, dans les vases où prédomine la biotite ; mais le grenat a disparu et le zircon avec la tourmaline demeurent confinés dans les fins-fins où ils sont même très rares. La glauconie est partout, quoique peu abondante ; les autres minéraux accidentels sont les amphiboles, les pyroxènes, la magnétite et la chlorite. Les légers montrent la prédominance du silex parmi les quartz, de l'orthose parmi les feldspaths accompagnés de beaucoup de grains limonitisés et ocreux.

Le golfe de la Selva est compris entre le cap Béar et le cap de Creus. Il présente deux régions distinctes : la première, centrale, plus voisine de la terre, est caractérisée par le grand remous du courant méditerranéen brusquement obligé de s'écarter vers le large, et est marquée lithologiquement par le vaste îlot de vase dont le bord Ouest régulier tandis que le bord Est dentelé accusent l'action toute différente du courant tourbillonnant à droite et à gauche. L'îlot est régulièrement entouré, du centre vers l'extérieur,

selon la règle ordinaire, de terrains de plus en plus sableux semés d'une extrême abondance de graviers et de coquilles brisées. La vase présente un gisement d'herbiers. La seconde région, vers l'Orient, est le commencement de la Planasse.

Les fonds vaseux de la première région sont caractérisés par leur abondance en micas, biotite et muscovite, qui forment la presque totalité du sable très fin lourd. Certains grains de biotite sont recouverts d'un enduit rouge sang ; d'autres sont riches en inclusions de fer oxydulé. Partout se rencontrent les ocres jaune et rouge, cette dernière en moindre proportion. Tous les fonds possèdent de nombreux grains de pâte rocheuse se rattachant à trois catégories : le feldspath ferrugineux avec fer en traînées nuageuses, le magma basaltique translucide avec magnétite en petits grains bien isolés enfin un type spécial, translucide, jaune ou jaune verdâtre, contenant plus ou moins de fer à l'état de nuages et manifestant la polarisation d'agrégat, c'est-à-dire n'éteignant pas entre les nicols croisés. Ces derniers grains, pour autant qu'on peut les distinguer nettement des autres, sont moins abondants que ceux des deux premières catégories ; ils se concentrent dans les moyennement attirables à l'électro-aimant et ne sont peut-être que des minéraux riches en fer à un stade plus ou moins avancé de décomposition ocreuse. On trouve presque partout, quoique en très faible quantité, sauf dans la vase centrale d'où ils sont complètement absents, l'amphibole, le pyroxène, le péridot, la staurotide et l'apatite. Partout la magnétite est absente, ainsi que le grenat dont pourtant des traces ont été rencontrées dans trois échantillons de la partie Nord de la région.

Les légers sont uniformément composés de quartz hyalin, quartz cristallinique et silex, plus rare, d'orthose souvent sale, de plagioclase en moindre quantité et de quelques spicules d'éponges. Presque tous les grains sont plus ou moins recouverts d'un enduit ocreux jaune.

Les fins-fins renferment à peu près tous, en outre des minéraux du sable très fin et en infime proportion, du zircon, de la tourmaline et du corindon.

La portion orientale du golfe de le Selva témoigne d'une composition différente. A l'extrême limite de la carte, le grenat est abondant et même très abondant dans la région sableuse qui prolonge le cap de Creus ; mais il diminue jusqu'à finir par disparaître entièrement à mesure qu'on se rapproche de la côte. La magnétite, toujours très rare, manque complètement dans les vases. On trouve, parmi les fonds, d'assez nombreux moulages de corps organisés : ils ont l'aspect du type spécial de roche dont il a été parlé précédemment ; leur couleur est d'un gris jaunâtre ou jaune verdâtre ; ils sont translucides sur les bords minces, manifestent la polarisation d'agrégat et sont souvent limonitisés jaune, plus rarement rouge ; leur répartition est la même que celle du grenat. Les micas sont, au contraire, distribués d'une façon inverse à celle de ce minéral : rares dans les fonds sablo-vaseux, ils augmentent dans la vase sableuse. Partout et en quantité d'autant plus grande que le fond est plus sableux, amphibole, pyroxène, péridot, staurotide, corindon, zircon et sphène, ces deux derniers plus fréquents dans la portion septentrionale de la région. A noter enfin sur celle-ci la présence de la wollastonite, contenant souvent des inclusions de magnétite et, comme le grenat, plus abondante à l'Est qu'à l'Ouest. Les légers ont à peu près toujours la même composition, quoique le silex en soit absent. Les fins-fins

n'offrent rien de particulier à l'exception de la présence de quelques spicules d'éponges.

En définitive, les fonds de la partie Est du golfe de la Selva sont particulièrement riches en grenat, en moulages de débris organisés et en wollastonite, tandis que la dolomie, la glauconie et le silex ne s'y trouvent jamais.

L'analyse microminéralogique confirme ce que nous savions déjà de la distribution régulière des sédiments marins sur le fond de cet immense fleuve à une seule rive dont la source est partout et l'embouchure nulle part qu'est l'océan le long des côtes. La mer est un classeur d'une délicatesse inouïe enregistrant sur le sol qu'elle recouvre les moindres particularités de mouvement des eaux sus-jacentes. Elle confirme aussi le fait déjà connu du faible éloignement des côtes des sédiments d'érosion et d'abrasion enlevés aux continents et autorise à faire commencer les fonds pélagiens dès la première limite des vases. Le torrent des débris minéraux s'écoule sans interruption, parallèlement au bord des continents, variant de composition selon l'apport des fleuves qu'il reçoit et la nature de la côte qu'il baigne de ses eaux. Puisque l'usure mécanique au sein de la mer s'effectue si lentement qu'elle mérite d'être considérée comme pratiquement nulle, sauf sur les plages où les sables sont au contact de l'air et de l'eau, pour que le sol immergé ne s'exhausse pas davantage, il faut supposer que la réduction de volume des sédiments par action chimique et dissolution s'exerce avec plus d'énergie qu'on ne l'a jusqu'à présent soupçonné. Le commencement de la Planasse, d'une constitution minéralogique spéciale, avec ses sédiments d'une condition différente du reste de la région, possède un intérêt considérable. Ces caractères proviennent-ils de l'écart du courant méditerranéen rejeté vers le large pour franchir l'obstacle opposé par le cap de Creus ou bien cet ancien rivage abrupt d'un continent jadis englouti sous les eaux aurait-il été, depuis cette époque lointaine, assez peu recouvert de nouveaux sédiments pour que la sonde ramène encore au jour le sable d'autrefois, débris de roches apportés il y a des centaines de siècles par les fleuves disparus ? là est le problème réservé à ceux qui entreprendront l'étude complète de cette Planasse entre les Pyrénées et la Provence. Tout examen détaillé d'une région soulève plus de problèmes qu'il ne parvient à en résoudre. La science a pour elle le temps, et faire la lumière complète, tâche trop lourde pour les forces d'un seul, ne résulte que de la collaboration de chercheurs réunissant leurs efforts vers un but commun et se complétant les uns les autres.

SPIRALES DE COURANTS. — J'ai vérifié par la méthode des rondelles de carton colorées les spirales de courants sur quatre espèces minérales seulement : le grenat-spinelle, l'hornblende, le pyroxène et la dolomie qui se prêtent à cette étude par leurs trois degrés au moins d'abondance notés dans les analyses. J'ai observé leur groupement respectif en amont du cap d'Agde où chacun d'eux descend parallèlement à la côte ; ils contournent le cap par le large, pénètrent dans le golfe d'Agde où ils remontent vers le Nord, prennent une direction inverse entre l'Hérault et le fort Brescou en augmentant leur proportion sur le fond, pour venir former leur centre de giration en quantité maximum, le grenat aux stations A 67, A 73, A 74, l'hornblende aux stations A 72 et A 73, les pyroxènes en A 88, A 89 et A 90 et la dolomie en A 67, A 72 et A 71.

DÉPÔTS FERRUGINEUX ET OCREUX. — L'analyse microminéralogique permet de constater

la présence très fréquente et, en certaines localités, singulièrement abondante de grains ocreux, d'une teinte jaune-rouge (1) indiquée par la combinaison $b_j r n = 0,75 - 2,25 - 4 - 13$ du disque colorimétrique comme valeur moyenne la plus commune, mais qui souvent atteint les extrêmes $b_j r n = 0,5 - 6,5 - 7,5 - 5,5$ mouillé et $b_j r n = 2 - 6,5 - 7 - 4,5$ sec du côté du jaune et $b_j r n = 0 - 1 - 10 - 9$ mouillé et $b_j r n = 0 - 2,5 - 11 - 6,5$ sec du côté du rouge. Ces teintes limites se trouvent surtout dans les fonds abyssaux des parties centrales des océans ; je les ai rencontrées fréquemment dans les parages des Açores et des îles du cap Vert, les rouges y étant notablement plus abondantes que les jaunes. On rencontre encore, sur des grains généralement quartzeux, en taches ou en enduits, un dépôt ferrugineux de limonite.

Si on recueille ces grains ocreux sous le microscope et qu'on les traite par de l'acide chlorhydrique additionné d'une trace d'acide azotique, la couche ocreuse, d'ailleurs peu résistante, puisque légèrement frottée avec le bout du doigt elle se délave dans l'eau pure, se dissout en donnant naissance à une liqueur jaune de chlorure de fer. Les grains devenus blancs, et dont certains ont diminué notablement de volume, observés sous le microscope, appartiennent à toutes les espèces minéralogiques, quartz hyalin et cristallinique, silex, feldspaths, mais en majorité aux minéraux ferrugineux, au périclase, aux pyroxènes et à des amphiboles. Beaucoup manifestent la polarisation d'agrégat et n'éteignent pas entre les nicols croisés. D'ailleurs, avant traitement par l'acide, il n'est pas rare de rencontrer, parmi les fonds ocreux, des cristaux — surtout d'hornblende — à demi-décomposés de telle sorte qu'un même grain montre sur une certaine étendue l'état du minéral sain avec extinction nette, que sur une autre portion il est semé de taches ocreuses et manifeste l'état cristallinique avec polarisation d'agrégat, et que le reste du grain est entièrement transformé en ocre.

On peut donc admettre que la couche ocreuse recouvre les grains en taches ou en enduits et qu'elle résulte parfois d'un dépôt, parfois d'une décomposition du minéral lui-même, comme lorsqu'il s'agit de périclase, de pyroxènes et d'hornblende, en les citant par ordre décroissant de fréquence. Certains grains sont constitués uniquement par de l'ocre jaune, d'autres par de l'ocre rouge.

On est ainsi amené à résumer brièvement l'histoire de l'ocre.

L'ocre rouge est une variété d'hématite ou fer oligiste Fe_2O_3 plus ou moins mélangée d'argile ; l'ocre brune ou jaune est, au contraire, une variété terreuse de limonite $Fe_2O_3 \cdot 3 H_2O$ laquelle est une hématite hydratée. A l'air, l'ocre brune passe à l'état d'ocre jaune, puis d'ocre rouge, et cette transformation, qui est une déshydratation, s'effectue même sous l'eau, ainsi que l'ont indiqué Haidinger, Sillem, Roth et Bischof qui se montre particulièrement affirmatif sur ce fait en apparence paradoxal d'une déshydratation s'effectuant au sein même de l'eau (2).

Quoi qu'il en soit, l'analyse microminéralogique confirme l'assertion ainsi que l'ordre d'attaquabilité indiqué plus haut. Le périclase, très facilement attaquant, est par suite assez

(1) J. THOULET, Couleur des fonds marins (*Bulletin de l'Institut océanographique de Monaco*, n° 190, 20 déc. 1910).

(2) In Apotheken, hat sich ergeben dass Eisenoxydhydrat unter Wasser aufbewahrt nach langer Zeit sein Hydratwasser verliert (BISCHOF, *Chemischen und physikalischen Geologie*, III, 884).

rare dans les fonds marins ; viennent après lui, de plus en plus résistants et par conséquent abondants, les pyroxènes et les amphiboles, surtout celles fortement colorées de la variété hornblende. Les variétés pâles ou blanches, moins attaquables, résistent mieux encore et se montreraient plus fréquemment si elles n'étaient pas relativement rares dans la nature, à l'état sain, par rapport aux hornblendes foncées riches en fer.

Ces divers minéraux constituent donc une échelle de durée de séjour dans l'eau. En supposant au fond de l'océan un sable contenant tous ces minéraux sains et en grains égaux, ils disparaîtraient dans l'ordre péridot, pyroxènes, hornblende, ocre jaune, le tout finissant par se transformer entièrement en ocre rouge. Ainsi s'explique, dans les sols abyssaux, sur les grains minéraux d'origine éolienne, l'abondance relative de l'ocre rouge par rapport à l'ocre jaune, alors que le contraire a lieu dans les sédiments côtiers.

Reste à expliquer la présence de la limonite et des ocres en taches et en enduits sur des minéraux difficilement décomposables comme les feldspaths ou même absolument indécomposables comme le quartz sous la forme de silex, de quartz cristallin ou hyalin. Dans ce but, j'ai exécuté les expériences suivantes.

Dans quatre flacons à demi-remplis, j'ai mis en présence d'eau douce et d'eau de mer, de l'ocre jaune et de l'ocre rouge. L'expérience a duré vingt-cinq jours pendant chacun desquels, au moins une fois, j'avais soin d'agiter fortement chaque flacon. Les liquides versés dans des verres transparents ont été abandonnés au repos pendant deux jours, afin d'éviter des filtrations d'eaux trop troubles, les grains d'ocre traversant alors les meilleurs papiers à filtrer. On les récoltait avec une pipette fine pour les verser sur un double filtre, de sorte que l'eau obtenue était absolument limpide. Elle a été dans ces quatre cas, analysée par évaporation de quelques gouttes, acidification par de l'acide chlorhydrique très étendu et addition d'un fragment minuscule de ferrocyanure de potassium. La formation de bleu de Prusse indiquant la présence du fer a toujours été observée. Dans le cas de l'eau de mer, on évitait l'inconvénient de la précipitation abondante des sels dissous en réduisant par évaporation le liquide au quart de son volume, ce qui permet à l'oxyde de fer de se précipiter tout au plus mélangé à un peu de carbonate de chaux, on laissait déposer, on enlevait la plus grosse partie du liquide surnageant avec une pipette fine, ou traitait le reste par l'acide chlorhydrique et on produisait la réaction microchimique du fer.

On conclut de ces expériences que, douce ou salée, l'eau, en présence d'ocres, dernier terme de l'attaque du fer et des minéraux ferrugineux, dissout une partie du métal et, d'autre part, qu'au contact de corps même dépourvus de fer et sains, elle dépose à leur surface en enduit ocreux le fer qu'elle contenait en dissolution.

Sans parler de l'intérêt géologique du phénomène, l'Océan jouerait donc dans la nature un rôle d'égalisateur du fer semblable à celui que, d'après les belles recherches de Schloëssing, il jouerait comme égalisateur et régulateur de l'acide carbonique et de l'ammoniaque atmosphériques.

J'ai essayé de rechercher si la fixation à l'état de pellicule de la matière ferrugineuse à la surface des corps s'effectuait suivant quelque loi déterminée. Elle me semble dépendre de trois variables : l'état de rugosité superficielle de ces corps, leur porosité et leur nature.

Il y a de longues années, j'ai établi à la suite d'expériences que des substances solides absolument inertes exerçaient une attraction (1), à laquelle on a donné le nom d'adsorption, sur les corps dissous dans le liquide au sein duquel ils sont plongés. On trouve ici un nouvel exemple du phénomène. J'ai évalué actuellement cette adsorption en examinant au microscope les grains minéraux immergés dans une goutte de naphthaline monobromée verdie par du vert malachite. L'action est favorisée lorsqu'on abandonne pendant un certain temps la lame de verre porte-objet à une douce chaleur sur une plaque de fonte légèrement chauffée.

Dans ces conditions, on observe que l'attraction offre son minimum d'intensité sur les corps à cassure vitreuse tels que le quartz surtout hyalin, ainsi que sur les feldspaths, et ne se traduit alors que par des taches vertes éparses et peu nombreuses ; elle augmente pour les corps à surface rugueuse, comme sur certaines places de minéraux clivables ou mieux fibreux, et elle est à son maximum sur les minéraux poreux comme le calcaire, les coquilles surtout vieilles, les carapaces de foraminifères, enfin sur les matières terreuses, ocres et argiles, résultant de décompositions. On comparerait volontiers le phénomène à celui que présente l'acier poli qui résiste longtemps à la rouille, tandis qu'une fois attaqué en un point, l'oxydation s'effectue de plus en plus vite autour de la tache primitive, et que même parfaitement nettoyé, quoique non poli à nouveau, l'acier est encore attaqué à la première occasion. La naphthaline verdie est un excellent réactif pour observer, sous le microscope, l'attaque même très faible d'un minéral par tel ou tel agent chimique, acide ou alcali.

Enfin cette attraction semble s'exercer avec d'autant plus d'énergie que le corps solide et le corps dissous se ressemblent davantage, le maximum ayant lieu pour le même corps en même temps en dissolution et à l'état solide. Le fer et son compagnon à peu près constant, le manganèse, sont particulièrement faciles à entrer en dissolution et aussi à se déposer. On sait que les objets en fer, placés dans du sable humide, constituent de pusissants centres d'attraction, cimentent entre eux les grains qui les environnent et même des graviers et des cailloux, pour en former des grès et des poudingues ferrugineux. Ainsi s'expliqueraient la genèse ancienne et actuelle des calcaires et des grains de fer pisolithiques dont j'ai trouvé dans la Manche des globules en cours de formation, celle des croûtes et des nodules ferro-magnésiens et phosphatés ayant pour noyau un fragment de roche volcanique, de pierre ponce, une dent de requin, un os tympanique de cétacé (2) ; ainsi se comprendraient encore l'agglomération de la glauconie à l'intérieur des coquilles de foraminifères, les nodules palagonitiques, la teneur en fer si générale des calcaires et les amas de minerais de fer terreux.

Résumé.

En outre du tracé par isobathes de dix mètres en dix mètres du relief sous-marin, de l'indication des diverses natures de fonds et des services pratiques à attendre de la

(1) J. THOULET, Attraction s'exerçant entre les corps en dissolution et les corps solides immergés (*C. R. Acad. des Sc.*, t. XCIX, p. 1072, 1885, et t. C, p. 1002, 1885).

(2) J. MURRAY, Deep Sea Soundings (*Reports of the Challenger*, p. 346, 394 et suiv.).

connaissance de ces variables, les études auxquelles a donné lieu l'établissement de la carte bathylithologique des fonds côtiers du golfe du Lion peuvent se résumer de la façon suivante :

Exposé des classifications adoptées pour les sols sous-marins et des motifs de leur adoption. La précision des tamisages employés pour séparer les divers grains constitutifs des fonds marins est adéquate au maximum de précision possible à atteindre dans les recherches de ce genre.

Résumé des connaissances actuelles sur le régime des fleuves, des vents et des courants marins de la région côtière du golfe du Lion.

La bathymétrie du golfe autorise à supposer que la Planasse, qui limite le plateau continental entre le cap de Creus et le Provence, est l'ancien rivage d'une portion de continent effondrée sous les eaux à l'époque tertiaire. L'examen de cette région, encore presque inexplorée, offrirait un très haut intérêt. Le plateau continental en arrière de la Planasse laisse apercevoir la trace des anciens lits maintenant submergés du Rhône et de l'Hérault. Les sédiments déversés par le Rhône sont immédiatement entraînés par le courant côtier méditerranéen; en les supposant étalés sur le plateau continental du golfe, entre le rivage et l'isobathe de 100 m, ils n'y formeraient annuellement qu'une couche de 1 mm d'épaisseur environ. On ne saurait, par conséquent, attribuer l'affaissement du rivage actuel constaté dans la Camargue, au voisinage des Saintes-Maries, par exemple, à la surcharge et à l'affaissement du sol sous-marin sous l'accumulation des alluvions du fleuve.

Le mode d'analyse rigoureux employé pour les fonds marins se prête à l'établissement de graphiques mettant sous une forme claire les lois de la répartition des sédiments sur le sol immergé. On peut se servir encore avec avantage pour élucider ces questions de la méthode expérimentale synthétique à l'aide de l'auge à courants et de divers autres procédés. On parvient ainsi à reconnaître les spirales de courants et la distribution en gerbe qui, de l'embouchure du fleuve qui les a apportés, vers l'aval du courant qui les a emportés, dispose les grains sableux de telle sorte que, de la côte vers le large, ils sont répartis suivant l'ordre croissant de leur flottabilité, propriété qui, pour chaque grain, est fonction de sa densité apparente, de sa dimension et de sa forme. Les grains les plus extérieurs et déposés le plus loin de l'embouchure sont les plus flottables.

Dans une prise d'essai provenant d'un point quelconque d'un boudin s'il s'agit de sédiments actuels ou d'un fragment s'il s'agit d'un sédiment ancien, tous les éléments peuvent ne pas avoir été déposés en même temps. Il n'en est pas de même si, à l'aide d'un ramasseur ou d'une drague, on recueille aujourd'hui un échantillon à la surface du sol sous-marin. Les caractères des grains, les proportions de leurs diverses catégories renseignent alors sur les vitesses et sur d'autres caractéristiques des courants qui les ont transportés de l'endroit d'où ils proviennent à celui où on les a récoltés.

La distribution des sédiments le long de toutes les côtes, et en particulier de celles du golfe du Lion, est due à la répartition des apports fluviaux par le courant côtier, fleuve à une seule rive dont la source est partout et l'embouchure nulle part. L'hypothèse antérieurement énoncée, qui fait commencer les fonds pélagiens à la limite des vases, est confirmée par l'étude des sédiments du golfe du Lion.

La position de l'axe de vitesse maximum contre le sol ou de moindre classement des sédiments du courant côtier méditerranéen varie entre 20 et 30 m de profondeur ; il est jalonné par les vases très sableuses, et sa vitesse est d'environ 1/5 de nœud.

Les côtes régulières, les golfes et les caps provoquent la distribution des sédiments d'après des lois fixes, différentes pour chaque cas, mais se reproduisant toujours les mêmes quand les circonstances sont aussi les mêmes. Il faut ajouter aux conditions géographiques le mouvement des vagues, fonction des vents régnants et de la configuration de la mer au sein de laquelle s'accomplissent les phénomènes. La répartition du calcaire sur les côtes du golfe du Lion fournit un exemple de ces lois. On remarque, en outre, dans les vases la présence de foraminifères en tout semblables — à la quantité près — aux foraminifères formant la masse principale des fonds pélagiens abyssaux des portions centrales des océans.

Les grains sableux-siliceux sont fréquemment enveloppés par du carbonate de chaux d'origine chimique. Cette action des eaux marines est assez puissante en certaines localités pour donner naissance, par agglutination de matériaux sableux ou vaseux incohérents, à des bancs rocheux sous-marins, roches actuelles désignées sous le nom de mattes. Dans les fonds côtiers étudiés, la proportion de ce calcaire spécial variait entre 1, 5 et 3 p. 100 environ.

L'analyse microminéralogique des fonds marins se propose de découvrir le lieu d'origine des sédiments récoltés en un point quelconque de l'océan, les lois de leur répartition sur le sol et les différents phénomènes dont ils ont été le siège. Tout grain de sable porte la trace des événements dont il a été le témoin et dont il s'agit de faire la lecture.

Le premier genre de recherches n'a été qu'effleuré dans le présent travail. Il ne pouvait en être autrement. Les sédiments du golfe étant principalement apportés par les fleuves, il faudrait commencer par connaître les sédiments amenés par chacun d'eux après les avoir recueillis en deçà de l'embouchure, avant tout contact avec les eaux salées.

L'analyse microminéralogique confirme les lois déjà énoncées de la répartition des sédiments sur le fond. La mer est un appareil de triage d'une infinie délicatesse ; chaque grain minéral, par sa nature, sa dimension, sa forme, par l'ensemble de ses propriétés, a droit à une place distincte qu'il occupe toujours et qui dépend, pour un lieu déterminé, des conditions ambiantes. C'est ainsi, pour n'en donner qu'un seul exemple, que les fonds à forte prédominance de micas sont caractéristiques des localités calmes, à courant nul, des endroits abrités. On peut donc préjuger de la composition d'un sédiment d'après son gisement, et inversement la composition d'un échantillon fournit des indications sur la place occupée par celui-ci ou qu'il a occupée autrefois, dans le cas d'une roche sédimentaire ancienne. Ce point est d'une haute importance pour la paléogéographie.

Le microscope permet de constater la destruction par voie chimique, au fond des eaux, des minéraux et principalement des minéraux ferrugineux, en particulier du péridot, des pyroxènes et des amphiboles. Le terme final de cette décomposition est l'ocre jaune qui, par l'effet du temps, se déshydrate au sein même de l'eau et passe à l'état d'ocre rouge. Pour une même nature de fond, plus un échantillon est riche en ocre

rouge relativement à son ocre jaune, plus il s'est accumulé lentement. Les fonds côtiers offrent une prédominance d'ocre jaune, et les fonds pélagiens abyssaux, d'ocre rouge. Conformément à la théorie énoncée par Nansen, ces modifications de couleurs sont, dans certains cas, susceptibles de correspondre à des phénomènes de transgression ou de régression sur le continent voisin de l'endroit où ont été récoltés les échantillons.

Certains minéraux dans lesquels le fer est absent, comme le quartz, ou rare, comme les feldspaths, se trouvent fréquemment recouverts, en partie ou en totalité, de taches ou d'enduits de limonite brune. Cette couche adventive se fixe par adsorption avec une abondance fonction de la rugosité des minéraux servant de supports, qui elle-même dépend de la compacité de leur texture, de leurs clivages s'ils en possèdent, de leur état de décomposition chimique et de leur nature propre. Des expériences synthétiques permettent de supposer que les eaux océaniques, qui sont un régulateur d'acide carbonique et d'ammoniaque, le sont en même temps du fer. Elles dissolvent ce métal provenant de la destruction des minéraux ferrugineux et le rendent ensuite à d'autres minéraux en condition de le recevoir. Ainsi s'expliquerait la formation des croûtes et des nodules ferromanganésiens, phosphatés, glauconieux et autres, celle de certains gisements de fer, mattes ferrugineuses analogues aux mattes calcaires du golfe d'Aigues-Mortes.

SIGNES ET ABRÉVIATIONS

Les échantillons récoltés en 1908 ne sont précédés d'aucune lettre; numérotés à mesure qu'ils étaient recueillis, ceux de 1909 sont marqués d'un A, ceux de 1910 d'un B et ceux de 1911 d'un C.

Tableau I.

Ga	signifie	Galets.
G	—	Gravier.
Ce	—	Coquilles entières.
Cb	—	Coquilles brisées.
Cm	—	Coquilles moulues.
H	—	Herbier.
tr	—	Traces.

Le chiffre inscrit devant les lettres indique le poids approximatif des éléments représentés par ces lettres, en général arrêtés par le tamis 10 et mis à part, pour obtenir 100 du fond soumis à l'analyse et ayant franchi le tamis 10. Le symbole de la station A 14 figuré par 5 Ceb. G. Ga se lira donc : avant d'obtenir 100 grammes du fond, le tamis 10 a arrêté environ 5 grammes de coquilles entières, brisées et de gravier; le fond contenait, en outre, des galets.

Tableau II.

av.	A se lit	Avant traitement par l'acide étendu.
ap.	A —	Après traitement par l'acide.
L	—	Minéraux lourds (densité supérieure à 2,8).
l	—	Minéraux légers (densité inférieure à 2,8).

Les proportions sont inscrites en centièmes.

Tableau IV. — Dans le but de rendre les résultats de l'analyse microminéralogique plus faciles à évaluer à première vue, on a figuré par les signes —, + et • les notations AA, très abondant, +, moyennement abondant et RR, très rare.

Les noms des minéraux placés dans la colonne des observations sont écrits en abrégé; leur lecture ne présente aucune difficulté.

Tableau I. — Liste des Stations.

ST.	LAT. N.	LONG. E. (Paris.)	PROF. en mètres.	DATE.	LOCALITÉ.	NATURE du FOND.	OBSERVATIONS.	ST.	LAT. N.	LONG. E. (Paris.)	PROF. en mètres.	DATE.	LOCALITÉ.	NATURE du FOND.	OBSERVATIONS.
17	43°23'15"	1°23'35"	18.5	4 Sept. 1908	Cette	SV. III	6 Cebm	A 33	43°18'22"	1°17'15"	33.0	7 Mai 1909	Le Castelas	V. III	tr. Ce
18	43°24'40"	1°25'33"	9.0	"	Frontignan	Roche	"	A 34	43°17'12"	1°18'33"	36.0	"	"	V. III	o
19	43°24'15"	1°25'50"	10.0	"	"	SV. III	15 Ceb	A 35	43°16'26"	1°18'54"	39.0	"	"	V. III	tr. Ce
20	43°24'23"	1°29'02"	24.0	"	"	VtS. III	2 Ceb	A 36	43°16'13"	1°17'27"	36.0	"	Le Rieu	V. III	o
21	43°24'12"	1°28'29"	23.0	"	"	VS. III	5 Ceb	A 37	43°16'40"	1°15'28"	38.1	"	"	V. III	2 Ce
22	43°23'57"	1°27'45"	23.0	"	"	VtS. III	3 Ceb	A 38	43°17'05"	1°14'10"	29.4	"	"	SV. III	10 Cebm
23	43°23'44"	1°27'05"	20.0	"	"	VtS. III	8 Ceb	A 39	43°17'24"	1°13'33"	20.0	"	"	S. III	4 Cebm
24	43°22'37"	1°27'24"	31.0	"	"	VS. III	6 Cebm	A 40	43°17'37"	1°12'50"	12.0	"	"	S. III	3 Cebm
25	43°22'11"	1°28'41"	36.0	"	"	VS. III	2 Cebm	A 58 bis	43°16'21"	1°11'07"	9.3	12 Mai 1909	Brescou	S. III	tr. Ce
26	43°22'25"	1°29'28"	37.0	"	"	VS. III	2 Ceb	A 59	43°16'05"	1°11'37"	18.9	"	"	S. III	3 Cebm
27	43°22'20"	1°30'25"	39.0	"	"	VS. III	2 Ceb	A 60	43°15'43"	1°12'28"	29.4	"	"	VtS. III	5 Ceb
28	43°21'51"	1°32'32"	53.0	"	"	V. III	o	A 61	43°15'30"	1°12'56"	33.5	"	"	VtS. III	120 Cebm
29	43°21'51"	1°37'50"	77.0	"	Maguelonne	V. III	o	A 62	43°14'48"	1°13'35"	37.7	"	"	V. III	1 Ce
30	43°22'58"	1°26'43"	27.0	"	Frontignan	VtS. III	1 Ceb	A 62 bis	43°13'46"	1°14'55"	40.3	"	"	V. III	o
31	43°22'47"	1°22'27"	19.5	7 Sept. 1908	Cette	SV. III	tr. Ceb	A 63	43°11'57"	1°13'30"	45.0	"	"	V. III	o
32	43°22'20"	1°22'38"	23.0	"	"	S. III	50 Ce	A 64	43°13'18"	1°11'43"	40.0	"	"	V. III	1 Ceb
33	43°21'10"	1°22'51"	29.5	"	"	VS. III	5 Ce	A 65	43°14'06"	1°10'56"	32.0	"	"	SV. III	200 Cebm
34	43°20'11"	1°22'49"	32.5	"	"	VS. III	1 Ceb	A 66	43°14'43"	1°10'10"	21.8	"	"	Roche	"
35	43°19'08"	1°24'17"	40.0	"	"	V. III	o	A 67	43°14'01"	1° 8'35"	23.0	"	"	SV. III	o
36	43°18'30"	1°24'42"	47.0	"	"	V. III	o	A 68	43°13'30"	1° 9'48"	35.5	"	"	VS. III	tr. Cm
37	43°18'54"	1°21'48"	36.0	"	"	V. III	2 Ceb	A 69	43°11'28"	1°10'30"	40.0	"	"	V. III	o
38	43°19'25"	1°19'45"	32.0	"	"	VS. III	tr. Ceb	A 70	43°11'12"	1° 7'22"	38.8	"	"	V. III	o
39	43°20'23"	1°10'38"	28.5	"	"	SV. III	6 Ceb	A 71	43°13'03"	1° 7'18"	30.5	"	"	VS. III	o
40	43°21'05"	1°18'08"	19.5	"	Villeroi	S. III	1 Ceb	A 72	43°13'40"	1° 7'02"	22.6	"	"	SV. III	o
41	43°21'34"	1°18'45"	18.8	"	"	SV. III	11 Cebm	A 73	43°14'57"	1° 7'18"	14.5	"	Hérault	SV. III	tr. Ceb
42	43°21'58"	1°19'23"	17.5	"	Cette	SV. III	4 Cebm	A 74	43°16'03"	1° 6'15"	9.5	13 Mai 1909	"	SV. III	3 Cebm
43	43°22'31"	1°20'10"	15.3	"	"	SV. III	2 Ceb	A 75	43°14'45"	1° 6'00"	15.7	"	"	SV. III	tr. Cem
100	43°22'18"	1°22'05"	22.6	16 Sept. 1908	"	VtS. III	o	A 76	43°13'35"	1° 5'47"	22.0	"	"	VS. III	o
101	43°22'05"	1°21'05"	21.0	"	"	SV. III	2 Ceb	A 77	43°12'23"	1° 5'34"	31.0	"	"	VS. III	o
102	43°22'41"	1°21'15"	17.0	"	"	SV. III	tr. Ceb	A 78	43°10'45"	1° 5'25"	37.6	"	"	V. III	o
A 1	43°25'30"	1°28'35"	9.8	4 Mai 1909	Frontignan	Roche	"	A 79	43°11'07"	1° 2'55"	33.0	"	"	VS. III	o
A 2	43°26'47"	1°30'27"	14.8	"	"	S. III	5 Cebm	A 80	43°11'55"	1° 3'14"	29.3	"	"	VS. III	o
A 3	43°28'33"	1°31'18"	9.5	"	Maguelonne	SV. III	tr. Ce	A 81	43°12'52"	1° 3'45"	26.0	"	"	VS. III	tr. Ce
A 4	43°28'50"	1°31'30"	8.0	"	"	S. III	o	A 82	43°13'19"	1° 3'54"	22.8	"	"	VS. III	o
A 5	43°28'38"	1°31'28"	10.5	"	"	SV. III	tr. Ce	A 83	43°13'05"	1° 4'04"	24.4	"	"	VS. III	tr. Ce
A 6	43°28'15"	1°32'40"	16.0	"	"	S. III	7 Ceb	A 84	43°12'40"	1° 4'21"	28.5	"	"	VS. III	o
A 7	43°27'38"	1°33'28"	22.0	"	"	SV. III	5 Cebm	A 85	43°14'10"	1° 4'20"	19.0	"	"	V. II	tr. Ce
A 8	43°27'10"	1°33'59"	24.0	"	"	S. III	20 Cebm	A 86	43°17'56"	1°14'03"	19.6	"	Le Rieu	S. III	tr. Cem
A 9	43°26'13"	1°34'50"	27.5	"	"	SV. III	12 Cebm	A 87	43°16'30"	1° 5'07"	8.5	14 Mai 1909	Hérault	SV. III	o
A 10	43°25'50"	1°35'50"	29.5	"	"	SV. III	10 Cebm	A 88	43°16'28"	1° 4'25"	9.5	"	"	SV. III	10 Cebm
A 11	43°24'28"	1°34'50"	36.0	"	"	SV. III	25 Ceb	A 89	43°16'18"	1° 3'40"	9.7	"	"	SV. III	tr. Cem
A 12	43°24'23"	1°33'33"	32.0	"	"	VtS. III	12 Ceb	A 90	43°15'43"	1° 3'45"	13.0	"	"	SV. III	tr. Cem
A 13	43°24'25"	1°32'25"	33.0	"	"	SV. III	o	A 91	43°14'47"	1° 3'43"	17.0	"	"	SV. III	2 Ceb
A 14	43°24'15"	1°31'37"	33.0	"	Frontignan	SV. III	5 Ceb. G. Ga	A 92	43°13'51"	1° 3'21"	21.0	"	"	VS. III	tr. Ce
A 15	43°23'24"	1°30'40"	36.0	"	"	VtS. III	tr. Ce	A 93	43°12'40"	1° 3'02"	27.3	"	"	VS. III	tr. Ce
A 16	43°22'20"	1°30'41"	40.5	"	"	VS. III	o	A 94	43°11'30"	1° 2'50"	31.5	"	"	VS. III	o
A 17	43°20'45"	1°29'55"	48.5	"	"	V. III	o	A 95	43°12'31"	1° 2'09"	27.0	"	"	VS. III	2 Ce
A 18	43°20'58"	1°28'43"	43.0	"	"	V. III	o	A 96	43°12'15"	1° 2'57"	28.5	"	"	VS. III	o
A 19	43°22'12"	1°26'39"	28.0	"	"	VS. III	tr. Cebm	A 97	43°13'00"	1° 2'13"	24.6	"	"	VS. III	2 Ce
A 20	43°22'42"	1°25'33"	26.5	"	Cette	VtS. III	3 Ce	A 98	43°13'40"	1° 2'35"	20.7	"	"	VS. III	o
A 21	43°20'37"	1°22'33"	31.5	7 Mai 1909	"	VS. III	tr. Ce	A 99	43°14'04"	1° 0'47"	19.5	"	"	VS. III	o
A 22	43°19'17"	1°22'58"	38.0	"	"	V. III	o	A 100	43°14'29"	1° 0'14"	18.0	"	"	VtS. III	o
A 23	43°17'41"	1°23'12"	46.6	"	"	V. III	o	A 101	43°14'56"	0°59'32"	10.6	"	"	SV. III	o
A 24	43°18'33"	1°20'40"	35.7	"	"	V. III	tr. Cm	A 102	43°15'10"	1° 0'38"	14.5	"	"	SV. III	o
A 25	43°19'08"	1°19'21"	32.0	"	"	V. III	tr. Cem	A 103	43°20'30"	1°20'47"	30.3	"	Cette	VS. III	tr. Ceb
A 26	43°19'31"	1°18'14"	29.5	"	Le Castelas	VS. III	tr. Cem	A 104	43°14'18"	0°58'05"	10.5	15 Mai 1909	Aude	SV. III	o
A 27	43°19'55"	1°17'20"	24.6	"	"	SV. III	100 Cebm	A 105	43°13'48"	0°58'27"	17.0	"	"	VS. III	o
A 28	43°20'10"	1°16'30"	19.5	"	"	S. III	tr. Cem	A 106	43°13'18"	0°58'56"	20.0	"	"	VS. III	o
A 29	43°19'37"	1°16'57"	25.0	"	"	SV. III	5 Cebm	A 107	43°12'33"	0°59'25"	24.2	"	"	V. III	5 Ce
A 30	43°19'00"	1°17'21"	29.3	"	"	VtS. III	6 Cem	A 108	43°11'28"	0°59'03"	27.0	"	"	V. III	10 Ce
A 31	43°18'20"	1°17'55"	33.6	"	"	V. III	tr. Ce	A 109	43°12'07"	0°57'32"	22.1	"	"	VS. III	10 Ce
A 32	43°18'48"	1°16'39"	28.0	"	"	SV. III	5 Cebm	A 110	43°12'18"	0°56'32"	20.1	"	"	V. III	5 Ce
								A 111	43°12'27"	0°55'45"	17.0	"	"	SV. III	tr. Ceb

ST.	LAT. N.	LONG. E. (Paris.)	PROF. en mètres	DATE.	LOCALITÉ.	NATURE du FOND.	OBSERVATIONS.	ST.	LAT. N.	LONG. E. (Paris.)	PROF. en mètres	DATE.	LOCALITÉ.	NATURE du FOND.	OBSERVATIONS.
A 112	43°12'39"	0°54'50"	7.3	15 Mai 1909	Aude	SV. III	o	B 58	43°10'36"	1° 2'50"	36.2	9 Juin 1910	Hérault	V. III	o
A 113	43°11'55"	0°54'03"	9.6	"	"	S. III	o	B 59	43°10'23"	0°59'56"	31.3	"	"	V. III	o
A 114	43°11'19"	0°54'35"	19.5	"	"	VtS. III	tr. Ce	B 60	43°10'14"	0°57'02"	28.2	"	Aude	V. III	o
A 115	43°11'48"	0°54'37"	15.5	"	"	SV. III	o	B 61	43°10'13"	0°55'00"	25.1	"	"	V. III	tr. Ce
B 1	43°29'37"	1°33'52"	12.6	6 Juin 1910	Aigues-Mortes	S. III	3 Cebm	B 62	43°10'38"	0°53'38"	19.8	"	"	VtS. III	4 Ceb
B 2	43°28'58"	1°34'30"	17.0	"	"	S. III	tr. Ceb	B 63	43°11'12"	0°52'43"	7.1	"	"	SV. III	tr. Ce
B 3	43°28'20"	1°35'17"	23.0	"	"	SV. III	7 Cebm	B 64	43°10'18"	0°51'43"	6.8	"	"	S. III	o
B 4	43°27'48"	1°35'45"	26.1	"	"	VtS. III	8 Cebm	B 65	43° 9'32"	0°51'55"	15.0	"	"	S. III	tr. Ce
B 5	43°27'10"	1°36'23"	26.5	"	"	VS. III	1 Cem	B 66	43° 8'48"	0°52'21"	25.1	"	"	VS. III	tr. Ceb
B 6	43°26'17"	1°37'22"	29.1	"	"	SV. IV	120 Cebm	B 67	43° 7'52"	0°53'25"	29.1	"	"	VS. III	o
B 7	43°25'47"	1°37'50"	31.3	"	"	SV. III	7 Ceb	B 68	43° 7'53"	0°51'45"	26.8	"	Gruissan	VS. III	o
B 8	43°26'30"	1°39'19"	30.9	"	"	SV. III	6 Ceb	B 69	43° 8'17"	0°49'56"	10.1	"	"	S. III	tr. Ce
B 9	43°26'58"	1°39' 0"	29.0	"	"	SV. III	11 Ceb	B 70	43° 6'44"	0°48'21"	10.2	10 Juin 1910	"	S. II	o
B 10	43°27'34"	1°38'35"	27.6	"	"	VS. III	1 Ce	B 71	43° 6'34"	0°49'19"	25.7	"	"	VtS. III	tr. Ce
B 11	43°28'17"	1°38'05"	25.9	"	"	V. III	tr. Ce	B 72	43° 6'02"	0°49'59"	28.4	"	"	VS. III	tr. Ce
B 12	43°29'00"	1°37'32"	24.3	"	"	VS. IV	25 Cebm	B 73	43° 4'58"	0°50'07"	32.0	"	"	V. III	10 Ce
B 13	43°29'32"	1°37'15"	22.0	"	"	V. III	o	B 74	43° 4'58"	0°50'07"	33.4	"	"	boudin	"
B 14	43°29'48"	1°36'36"	19.8	"	"	VS. III	tr. Ce. H	B 75	43° 4'52"	0°49'05"	29.5	"	"	V. III	tr. Cb
B 15	43°30'10"	1°35'47"	15.0	"	"	S. IV	200 Cbm G. Ga.	B 76	43° 4'55"	0°48'10"	27.2	"	"	VS. III	o
B 16	43°31'24"	1°35'51"	5.2	"	"	S. III	o	B 77	43° 5'23"	0°47'11"	8.8	"	la Nouvelle	SV. II	tr. Ceb
B 17	43°31'25"	1°37'33"	9.3	7 Juin 1910	"	Roche	500 Cbm G. Ga.	B 78	43° 4'05"	0°46'22"	9.8	"	"	S. II	tr. Ceb
B 18	43°32'01"	1°38'50"	10.5	"	"	Roche	"	B 79	43° 3'25"	0°47'37"	29.8	"	"	VS. II	o
B 18 bis	43°32'05"	1°38'43"	10.0	"	"	Roche	"	B 80	43° 2'27"	0°48'50"	34.9	"	"	V. III	o
B 19	43°31'45"	1°39'04"	11.3	"	"	SV. IV	200 Ceb G. Ga.	B 81	43° 1'03"	0°49'18"	37.0	"	"	V. III	o
B 20	43°31'16"	1°39'32"	10.0	"	"	Roche	"	B 82	43° 1'16"	0°48'10"	34.7	"	"	V. III	tr. Ce
B 21	43°31'03"	1°39'44"	19.0	"	"	VtS. III	300 Ceb. G. Ga.	B 83	43° 1'41"	0°46'50"	31.0	"	"	V. II	o
B 22	43°30'37"	1°40'12"	19.9	"	"	V. III	tr. Ce	B 84	43° 2'39"	0°45'17"	8.6	"	"	S. II	o
B 23	43°30'12"	1°40'33"	21.8	"	"	V. III	tr. Ce	B 85	43° 1'51"	0°44'52"	8.8	"	"	S. II	o
B 24	43°29'42"	1°41'02"	23.0	"	"	V. III	o	B 86	43° 1'48"	0°45'36"	21.8	"	"	VtS. II	o
B 25	43°28'47"	1°41'56"	24.2	"	"	V. III	o	B 87	43° 1'27"	0°46'25"	29.8	"	"	V. II	o
B 26	43°29'51"	1°42'58"	21.5	"	"	V. III	tr. Ce	B 88	43° 0'48"	0°47'32"	33.8	"	"	V. III	o
B 27	43°30'42"	1°42'00"	19.6	"	"	V. III	o	B 89	42°59'31"	0°48'42"	37.8	"	"	V. III	o
B 27 bis	43°31'51"	1°41'59"	12.4	"	"	Roche	"	B 90	42°59'38"	0°46'15"	33.0	"	"	V. II	o
B 28	43°31'23"	1°42'00"	16.8	"	"	VS. III	7 Cebm	B 91	42°59'54"	0°45'25"	29.5	"	"	VS. II	H
B 29	43°32'45"	1°42'04"	9.4	"	"	VtS. III	o	B 92	43° 0'13"	0°44'37"	17.1	"	"	SV. II	o
B 30	43°32'51"	1°43'42"	8.5	"	"	SV. III	o	B 93	43° 0'32"	0°44'10"	8.4	"	"	SV. II	o
B 31	43°32'15"	1°43'35"	10.5	"	"	Roche	"	B 94	42°59'05"	0°43'26"	8.0	"	"	SV. II	o
B 32	43°31'52"	1°43'20"	14.8	"	"	V. III	50 Ce	B 95	42°58'37"	0°44'10"	18.2	"	"	SV. II	o
B 33	43°32'16"	1°43'26"	9.0	"	"	Roche	"	B 96	42°58'14"	0°44'47"	29.7	"	"	VS. II	H
B 34	43°31'49"	1°43'34"	14.6	"	"	V. III	40 Ce	B 97	42°57'37"	0°45'32"	35.5	"	Leucate	V. II	H
B 35	43°30'37"	1°43'20"	17.7	"	"	V. III	40 Ce	B 98	42°56'48"	0°46'34"	39.7	"	"	V. III	o
B 36	43°30'08"	1°43'10"	19.0	"	"	V. III	o	B 99	42°55'46"	0°47'04"	39.7	"	"	V. III	o
B 37	43°31'23"	1°44'49"	14.2	"	"	V. III	tr. Ce	B 100	42°55'48"	0°45'40"	37.6	"	"	V. II	H
B 38	43°31'57"	1°45'51"	10.2	"	"	V. III	o	B 101	42°55'54"	0°44'35"	27.6	"	"	VtS. II	o
B 39	43°31'38"	1°46'32"	9.8	"	"	V. III	o	B 102	42°56'20"	0°43'18"	11.2	11 Juin 1910	"	SV. II	o
B 40	43°31'09"	1°47'20"	8.0	"	"	VS. III	H	B 103	42°55'48"	0°43'21"	12.1	"	"	VtS. II	o
B 41	43°31'49"	1°47'29"	5.2	"	"	SV. III	o	B 104	42°55'35"	0°43'57"	18.3	"	"	SV. II	o
B 42	43°31'05"	1°46'47"	9.8	8 Juin 1910	"	VS. III	o	B 105	42°55'12"	0°44'30"	26.0	"	"	SV. II	o
B 43	43°29'05"	1°47'18"	10.5	"	"	VS. III	H	B 106	42°54'57"	0°45'20"	36.7	"	"	V. II	o
B 44	43°28'20"	1°45'53"	21.0	"	"	V. III	o	B 107	42°54'18"	0°46'40"	39.0	"	"	V. II	o
B 45	43°28'31"	1°45'47"	20.2	"	"	V. III	tr. Ce	B 108	42°54'22"	0°48'17"	45.4	"	"	V. III	o
B 46	43°27'52"	1°46'57"	20.2	"	"	V. III	o	B 109	42°52'33"	0°48'35"	47.0	"	"	V. III	o
B 47	43°27'50"	1°47'26"	19.3	"	"	VS. III	tr. Ce.	B 110	42°52'55"	0°46'04"	41.8	"	"	V. II	o
B 48	43°28'46"	1°47'46"	9.4	"	"	SV. III	o	B 111	42°53'01"	0°45'00"	29.8	"	"	SV. II	o
B 49	43°27'59"	1°48'37"	8.0	"	"	S. III	o	B 112	42°53'08"	0°44'18"	21.4	"	"	VS. II	o
B 50	43°27'30"	1°49'17"	12.5	"	"	VS. III	H	B 113	42°53'25"	0°43'38"	12.3	"	S. Leucate	SV. II	o
B 51	43°27'00"	1°48'00"	24.1	"	"	VS. III	tr. Ce	B 114	42°52'26"	0°43'38"	16.7	"	"	SV. II	o
B 52	43°25'55"	1°48'31"	31.3	"	"	V. III	tr. Ce	B 115	42°51'46"	0°43'26"	16.0	16 Juin 1910	"	S. I	o
B 53	43°26'15"	1°42'45"	31.3	"	"	V. III	o	B 116	42°52'46"	0°44'35"	24.0	"	"	SV. II	o
B 54	43°27'10"	1°41'01"	32.3	"	"	VS. III	tr. Ce	B 117	42°52'18"	0°44'30"	23.4	"	"	SV. II	o
B 55	43°25'42"	1°37'40"	31.5	"	"	SV. III	500 Cebm	B 118	42°52'09"	0°45'26"	34.8	"	"	VS. II	o
B 56	43°24'11"	1°36'53"	41.8	"	"	VS. III	tr. Ce	B 119	42°52'00"	0°46'27"	41.0	"	"	V. III	o
B 57	43°24'08"	1°34'53"	37.0	"	"	SV. III	18 Cebm	B 120	42°51'11"	0°46'23"	41.8	"	"	V. III	o
B 57	43°11'54"	1° 4'37"	33.4	9 Juin 1910	Hérault	VS. III	4 Cbm	B 121	42°51'15"	0°45'37"	39.0	"	"	V. II	o
								B 122	42°51'22"	0°44'28"	23.5	"	"	SV. II	o
								B 123	42°51'28"	0°43'20"	15.0	"	"	SV. II	o

ST.	LAT. N.	LONG. E. (Paris).	PROF. en mètres.	DATE.	LOCALITÉ.	NATURE du FOND.	OBSERVATIONS.	ST.	LAT. N.	LONG. E. (Paris).	PROF. en mètres.	DATE.	LOCALITÉ.	NATURE du FOND.	OBSERVATIONS.
B 124	42°50'21"	0°43'41"	22.0	16 Juin 1910	S. Leucate	VS. II	o	B 190	42°28'51"	0°55'35"	91.0	21 Juin 1910	Banyuls	SV. II	1 Cb
B 125	42°50'22"	0°44'31"	24.6	"	"	VtS. II	o	B 191	42°28'48"	0°52'32"	91.0	"	"	VS. II	10 Ceb. G.
B 126	42°50'23"	0°45'16"	30.7	"	"	SV. II	o	B 192	42°29'08"	0°50'16"	57.0	"	"	VS. II	1 Cb
B 127	42°50'22"	0°45'58"	40.2	"	"	V. II	o	B 193	42°28'55"	0°49'15"	28.0	"	"	Roche	"
B 128	42°50'23"	0°48'03"	46.2	"	"	perdu	"	B 193 bis	42°29'06"	0°49'15"	36.0	"	"	VS. II	o
B 129	42°48'58"	0°47'45"	46.0	"	"	V. III	o	B 194	42°29'10"	0°48'29"	28.0	"	"	S. II	o
B 130	42°49'40"	0°45'33"	36.5	"	"	VS. II	o	B 195	42°35'42"	0°43'07"	15.7	22 Juin 1910	Tech	SV. I	o
B 131	42°49'48"	0°44'51"	30.0	"	"	SV. II	14 Ceb	B 196	42°33'43"	0°43'32"	17.9	"	Argelès	VtS. I	1 Cb
B 132	42°49'55"	0°43'49"	22.7	"	"	VS. II	tr. Ce.	B 197	42°32'52"	0°43'45"	17.9	"	"	VtS. I	o
B 133	42°49'59"	0°43'02"	11.8	"	"	SV. II	o	B 198	42°32'38"	0°43'22"	15.7	"	"	VS. II	o
B 134	42°48'20"	0°42'39"	10.0	17 Juin 1910	Têt	S. II	o	B 199	42°32'27"	0°44'40"	24.5	"	"	VS. II	o
B 135	42°48'28"	0°43'35"	24.3	"	"	VS. II	tr. Ce	B 200	42°32'09"	0°46'05"	29.5	"	P.-Vendres	VS. II	2 Cb
B 136	42°48'35"	0°44'44"	29.5	"	"	VtS. II	tr. Cbm	B 201	42°31'58"	0°47'10"	40.1	"	"	VS. II	27 Cb. G.
B 137	42°48'52"	0°45'50"	41.0	"	"	VS. II	o	B 202	42°31'45"	0°48'00"	51.0	"	Cap Béar	SV. II	17 G.
B 138	42°49'04"	0°46'57"	44.5	"	"	V. II	o	B 203	42°31'02"	0°49'10"	58.0	"	"	VtS. II	50 Cb. G.
B 139	42°46'38"	0°47'45"	47.6	"	Agly	V. II	o	B 204	42°30'10"	0°48'45"	34.5	"	"	VS. II	o
B 140	42°46'42"	0°46'05"	40.5	"	"	VS. II	o	B 205	42°30'09"	0°49'48"	59.0	"	"	VtS. II	20 Cb. G.
B 141	42°46'41"	0°45'03"	30.0	"	"	Roche	40 Ceb. G. Ga.	B 206	42°30'07"	0°51'35"	82.0	"	"	VS. II	1 Cb
B 142	42°46'43"	0°43'57"	27.5	"	"	VS. II	o	B 207	42°30'09"	0°53'25"	88.0	"	"	VS. II	2 Cb. G.
B 143	42°46'46"	0°42'42"	11.8	"	"	SV. I	o	B 208	42°31'14"	0°53'16"	90.0	"	"	V. II	o
B 144	42°45'15"	0°42'42"	12.6	"	"	SV. I	o	B 209	42°31'05"	0°51'41"	83.0	"	"	VS. II	o
B 145	42°45'16"	0°43'33"	26.5	"	"	V. II	o	B 210	42°31'03"	0°50'08"	66.0	"	"	VtS. II	8 Cb. G.
B 146	42°45'35"	0°44'53"	31.2	"	"	VS. II	o	B 211	42°31'55"	0°49'30"	59.0	"	"	VS. II	1 Cb. G.
B 147	42°45'57"	0°46'20"	42.6	"	"	VS. II	4 Ceb. G.	B 212	42°32'10"	0°48'00"	49.0	"	P.-Vendres	VS. II	o
B 148	42°46'13"	0°48'32"	50.5	"	"	V. II	o	B 213	42°32'31"	0°46'05"	29.8	"	Argelès	VS. II	o
B 149	42°43'57"	0°48'51"	50.5	"	Têt	V. II	o	B 214	42°32'53"	0°44'45"	23.0	"	"	VS. I	o
B 150	42°43'27"	0°46'30"	41.0	"	"	VS. III	10 Ceb. G.	B 215	42°33'52"	0°44'28"	24.7	"	"	VS. I	o
B 151	42°43'26"	0°44'37"	30.4	"	"	VS. II	o	B 216	42°34'32"	0°44'41"	25.0	"	"	VS. II	1 Cbm
B 152	42°43'22"	0°43'25"	26.5	"	"	VtS. II	o	B 217	42°34'14"	0°44'22"	24.6	"	"	VS. I	o
B 153	42°43'25"	0°42'50"	16.0	"	"	SV. I	o	B 218	42°34'19"	0°45'04"	27.0	"	"	VtS. II	8 Cbm
B 154	42°21'48"	0°42'47"	11.8	"	"	SV. I	tr. Ce	B 219	42°34'36"	0°46'33"	39.6	"	"	V. II	o
B 155	42°21'53"	0°43'31"	25.7	18 Juin 1910	"	VS. II	H	B 220	42°34'45"	0°48'50"	55.0	"	"	V. II	o
B 156	42°42'00"	0°44'36"	30.5	"	"	VS. II	H	C 1	42°24'26"	0°49'49"	24.0	1er Juin 1911	La Selva	S. II	o
B 157	42°42'13"	0°46'03"	38.0	"	"	V. II	o	C 2	42°24'26"	0°50'33"	48.0	"	"	V. II	tr. Cbm
B 158	42°42'23"	0°48'55"	52.4	"	"	V. III	o	C 3	42°24'32"	0°52'08"	75.0	"	"	V. II	o
B 159	42°40'25"	0°49'17"	54.2	"	"	V. II	o	C 4	42°24'35"	0°53'45"	93.0	"	"	VS. II	o
B 160	42°40'22"	0°46'10"	39.7	"	"	V. II	o	C 5	42°24'31"	0°56'14"	103	"	"	VtS. II	9 Ceb. G.
B 161	42°40'22"	0°44'37"	32.9	"	"	V. II	tr. Cb	C 6	42°24'29"	0°57'55"	114	"	"	VtS. III	15 Ceb. G.
B 162	42°40'14"	0°43'43"	28.8	"	"	VS. II	2 Cbm. G.	C 7	42°23'05"	0°58'08"	114	"	"	SV. II	9 Ceb. G.
B 163	42°40'27"	0°42'41"	14.2	"	"	SV. I	o	C 8	42°23'07"	0°56'33"	106	"	"	VtS. II	2 Ceb. G.
B 164	42°38'45"	0°42'40"	16.1	"	"	SV. I	o	C 9	42°23'05"	0°55'10"	96.0	"	"	VS. II	tr. Ce
B 165	42°38'34"	0°42'18"	7.4	"	"	S. I	o	C 10	42°23'03"	0°53'42"	83.0	"	"	V. II	o
B 166	42°38'37"	0°43'35"	25.8	"	"	VS. II	o	C 11	42°23'08"	0°52'00"	64.0	"	"	V. II	o
B 167	42°38'47"	0°45'13"	34.0	"	"	VS. I	18 G.	C 12	42°23'15"	0°51'18"	56.0	"	"	V. II	H
B 168	42°39'07"	0°46'24"	41.0	"	"	VS. II	2 Cbm. G.	C 13	42°23'32"	0°50'21"	42.0	"	"	VS. III	20 Ceb. G.
B 169	42°39'20"	0°47'42"	50.0	"	"	V. II	o	C 14	42°23'36"	0°49'39"	15.0	"	"	S. III	o
B 170	42°37'47"	0°47'35"	49.0	"	"	V. II	o	C 15	42°22'35"	0°50'07"	29.0	"	"	SV. III	o
B 171	42°37'36"	0°46'18"	39.9	"	"	VS. II	3 Cbm. G.	C 16	42°22'35"	0°50'54"	51.0	"	"	VS. II	H
B 172	42°37'18"	0°44'30"	29.2	"	"	S. I	1 Cbm	C 17	42°22'27"	0°52'22"	66.0	"	"	V. II	o
B 173	42°36'43"	0°43'27"	24.2	"	"	VS. II	o	C 18	42°22'28"	0°54'00"	88.0	"	"	VS. II	tr. Ce
B 174	42°36'49"	0°42'43"	14.2	"	"	SV. I	o	C 19	42°22'27"	0°55'21"	99.0	"	"	VS. II	3 Ceb. G.
B 175	42°35'30"	0°43'05"	14.0	"	"	SV. I	o	C 20	42°19'20"	0°58'18"	17.0	"	Culip	SV. IV	5 Ceb. H
B 176	42°35'25"	0°43'59"	24.4	"	"	VS. II	3 Ce	C 21	42°18'54"	0°58'57"	58.0	2 Juin 1911	C. de Creus	SV. V	6 Cbm
B 177	42°35'25"	0°45'14"	30.4	"	"	VS. II	tr. Ceb.	C 22	42°19'01"	1°00'15"	95.0	"	"	S	16 Ceb. G. Ga.
B 178	42°25'44"	0°50'12"	31.8	21 Juin 1910	C. Cerbère	S. II	1 Cb.	C 23	42°18'45"	1°00'16"	90.0	"	"	SV. III	150 Ceb. G. Ga.
B 179	42°25'45"	0°51'13"	62.0	"	"	VS. II	2 Cb.	C 24	42°20'59"	1°00'20"	213	"	"	S. II	27 Ceb. G.
B 180	42°25'45"	0°52'12"	84.0	"	"	V. II	o	C 25	42°21'01"	0°57'00"	92.0	"	La Selva	SV. II	13 Ceb. G.
B 181	42°26'44"	0°53'06"	89.0	"	"	V. II	o	C 26	42°20'21"	0°57'01"	76.0	"	"	SV. II	30 Ceb
B 182	42°27'12"	0°52'60"	90.0	"	"	V. II	tr. Cb.	C 27	42°20'45"	0°55'58"	74.0	"	"	VS. III	15 Ceb
B 183	42°27'05"	0°51'15"	70.0	"	"	VS. II	3 Cb. G.	C 28	42°21'10"	0°56'10"	88.0	"	"	VtS. II	12 Ceb. G.
B 184	42°26'57"	0°50'29"	39.5	"	"	SV. III	4 Ceb	C 29	42°21'38"	0°56'08"	100	"	"	VS. II	o
B 185	42°27'41"	0°49'38"	18.0	"	"	S. IV	o	C 30	42°21'42"	0°54'42"	92.0	"	"	VS. II	5 Cb
B 186	42°27'42"	0°50'22"	54.0	"	"	VS. II	6 Cb. G.	C 31	42°21'06"	0°54'45"	83.0	"	"	V. II	o
B 187	42°27'47"	0°51'58"	87.0	"	"	VS. II	o	C 32	42°20'41"	0°54'45"	65.0	"	"	V. II	o
B 188	42°27'50"	0°53'33"	92.0	"	"	VS. II	1 Cb	C 33	42°21'11"	0°54'05"	69.0	"	"	VS. III	1 Ceb
B 189	42°27'44"	0°56'15"	100	"	"	SV. II	3 Cb.								

ST.	LAT. N.	LONG. E. (Paris.)	PROF. en mètres.	DATE.	LOCALITÉ.	NATURE du FOND.	OBSERVATIONS.	ST.	LAT. N.	LONG. E. (Paris.)	PROF. en mètres.	DATE.	LOCALITÉ.	NATURE du FOND.	OBSERVATIONS.
C 34	42°21'37"	0°53'34"	72.0	2 Juin 1911	La Selva	V. II	tr. Cb	C 71	43°29'10"	1°43'58"	21.8	7 Juin 1911	Espiguettes	V. III	o
C 35	42°21'43"	0°51'34"	50.0	"	"	V. II	o	C 72	43°29'10"	1°45'48"	15.8	"	"	V. III	tr. Ce
C 36	42°21'10"	0°51'37"	39.0	"	"	VtS. II	18 Ceb	C 73	43°27'05"	1°46'24"	27.6	9 Juin 1911	"	V. III	o
C 37	42°20'34"	0°51'37"	15.0	"	"	VtS. III	60 Ceb G. Ga. H.	C 74	43°25'02"	1°48'00"	35.0	"	"	V. III	o
C 38	42°21'24"	0°50'58"	28.0	"	"	SV. IV	30 Ceb	C 75	43°24'56"	1°50'15"	31.0	"	"	VS. III	tr. Ce
C 39	42°21'45"	0°50'58"	42.0	"	"	SV. IV	33 Ceb. G.	C 76	43°26'27"	1°50'23"	21.7	"	"	VS. III	tr. Ce
C 40	42°21'47"	0°50'07"	17.0	"	"	S. II	1 Cbm	C 77	43°27'18"	1°50'23"	8.4	"	"	SV. III	o
C 41	42°25'39"	0°54'47"	95.0	"	C. Cerbère	VS. II	o	C 78	43°27'05"	1°52'35"	7.8	"	"	S. III	o
C 42	42°25'41"	0°56'17"	105	"	"	VtS. II	3 Ceb	C 79	43°26'24"	1°52'35"	13.0	"	"	S. III	tr. Ce
C 43	42°26'55"	0°55'27"	98.0	"	"	VtS. II	2 Ceb	C 80	43°25'31"	1°52'43"	21.2	"	"	VS. III	tr. Ce
C 44	42°36'28"	0°46'32"	41.0	3 Juin 1911	Tech	V. II	3 Ceb	C 81	43°24'31"	1°52'44"	31.0	"	"	VS. III	tr. Ce
C 45	42°36'31"	0°48'25"	53.0	"	"	V. II	o	C 82	43°24'48"	1°55'17"	24.0	"	"	SV. III	1 Cb
C 46	42°36'47"	0°50'00"	61.0	"	"	V. II	o	C 83	43°25'50"	1°55'14"	14.8	"	Stes-Maries	SV. III	o
C 47	42°35'39"	0°50'09"	64.0	"	"	V. II	o	C 84	43°26'38"	1°55'14"	9.0	"	"	SV. III	o
C 48	42°34'38"	0°50'09"	63.0	"	"	V. II	o	C 85	43°26'52"	1°57'12"	6.6	"	"	SV. III	o
C 49	42°33'15"	0°49'46"	62.0	"	Argelès	V. II	o	C 86	43°25'51"	1°57'07"	15.5	"	"	SV. III	o
C 50	42°33'20"	0°48'12"	47.0	"	"	V. II	o	C 87	43°25'00"	1°57'04"	21.1	"	"	VtS. III	10 Ceb
C 51	42°33'19"	0°46'31"	36.5	"	"	VS. II	1 Ce	C 88	43°23'41"	1°56'58"	27.2	"	"	V. III	tr. Ce
C 52	42°33'24"	0°44'48"	23.5	"	"	VS. II	o	C 89	43°23'56"	1°59'23"	23.8	"	"	V. III	tr. Ceb.
C 53	43°27'04"	1°30'47"	14.4	7 Juin 1911	Frontignan	S. III	3 Ceb. G.	C 90	43°25'05"	1°59'28"	16.1	"	"	VtS. III	tr. Ce
C 54	43°24'33"	1°30'23"	28.2	"	"	SV. III	9 Ceb	C 91	43°25'42"	1°59'35"	13.1	"	"	SV. III	o
C 55	43°30'12"	1°43'10"	19.0	"	Aigues-Mortes	V. III	tr. Ce	C 92	43°26'29"	1°59'34"	8.0	"	"	SV. III	o
C 56	43°31'10"	1°43'36"	16.2	"	"	V. III	tr. Ce	C 93	43°26'28"	2°00'55"	6.6	"	"	SV. III	o
C 57	43°31'50"	1°44'15"	13.4	"	"	V. III	o	C 94	43°25'43"	2°00'58"	11.0	"	"	VtS. III	o
C 58	43°32'35"	1°44'44"	8.5	"	"	Roche	"	C 95	43°24'35"	2°01'09"	16.7	"	"	VS. III	3 Ceb
C 59	43°32'53"	1°44'53"	7.5	"	"	SV. III	o	C 96	43°23'38"	2°01'02"	23.8	"	"	V. III	8 Ce
C 60	43°32'30"	1°45'47"	9.0	"	"	VS. III	o	C 97	43°23'45"	2°02'13"	21.9	"	"	V. III	tr. Ce
C 61	43°31'40"	1°46'53"	9.0	"	"	V. III	o	C 98	43°24'44"	2°02'16"	15.2	"	"	V. III	tr. Cb
C 62	43°32'00"	1°47'16"	5.2	"	"	VtS. III	o	C 99	43°25'40"	2°02'15"	10.8	"	"	VS. III	o
C 63	43°31'23"	1°46'26"	10.3	"	"	V. III	o	C 100	43°26'14"	2°02'21"	6.0	"	"	VtS. III	o
C 64	43°30'58"	1°45'40"	12.0	"	"	V. III	tr. Ce	C 101	43°25'45"	2°03'42"	9.8	10 Juin 1911	"	VS. III	o
C 65	43°31'06"	1°46'42"	10.4	"	"	V. III	o	C 102	43°24'37"	2°03'45"	14.5	"	"	V. III	o
C 66	43°31'09"	1°47'33"	6.5	"	"	VS. III	o	C 103	43°23'06"	2°03'55"	21.8	"	"	V. III	tr. Ce
C 67	43°30'28"	1°47'20"	7.3	"	"	VtS. III	o	C 104	43°23'08"	2°05'37"	20.5	"	"	VS. III	100 Ce
C 68	43°30'35"	1°46'20"	11.5	"	"	V. III	tr. Ce	C 105	43°24'00"	2°05'38"	17.1	"	"	V. III	tr. Ceb
C 69	43°30'31"	1°45'19"	14.6	"	"	V. III	tr. Ce	C 106	43°25'00"	2°05'40"	12.9	"	"	VS. III	tr. Ce
C 70	43°30'28"	1°44'07"	17.3	"	"	V. III	o	C 107	43°25'40"	2°05'41"	10.4	"	"	V. III	o

Tableau II. — Analyse mécanique et chimique.

STATIONS.	NATURE du fond.	SABLE.	VASE.	CALCAIRE.	SABLE gros.		SABLE moyen.		SABLE fin.		SABLE très fin.		FINS-FINS.		ARGILE.		SABLE très fin.		OBSERVATIONS.
					av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	L.	I.	
17	SV. III	86.3	13.7	39.2	6.9	o	2.4	o.4	15.6	12.3	61.4	38.6	10.0	5.6	3.7	3.9	8.1	30.5	
18	Reche	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
19	SV. III	79.9	20.1	36.8	6.4	o	1.1	2.8	12.3	17.9	60.1	27.5	16.1	8.8	4.0	6.2	3.3	24.2	
20	VtS. III	53.0	47.0	39.2	3.7	o	1.9	0.3	14.8	10.4	32.6	19.7	23.4	6.6	23.6	23.8	1.5	18.2	
21	VS. III	55.2	44.8	38.7	3.3	o.1	1.5	0.3	18.4	13.9	32.0	19.4	20.1	4.1	24.7	23.5	1.4	18.0	
22	VtS. III	58.5	41.5	36.4	2.6	o	1.6	0.4	16.9	13.8	37.4	22.8	11.5	6.6	30.0	20.0	2.8	20.0	
23	VtS. III	69.8	30.2	38.7	4.2	o	1.6	0.4	20.4	12.9	43.6	29.2	13.2	5.5	17.0	13.3	3.3	25.9	
24	VS. III	49.4	50.6	44.6	4.0	o	3.7	0.3	15.3	10.0	26.4	16.7	14.9	4.5	35.7	23.9	1.3	15.4	
25	VS. III	43.7	56.3	40.6	4.5	o	1.9	tr.	8.6	7.6	28.7	16.6	6.3	6.9	50.0	28.3	1.6	16.0	
26	VS. III	39.6	60.4	36.1	2.8	o	3.2	0.2	11.3	5.4	22.3	13.9	27.4	5.0	33.0	29.4	1.5	12.4	
27	VS. III	17.0	83.0	40.5	2.0	o	1.6	o	2.4	0.4	11.0	4.6	26.5	8.7	56.5	45.5	0.3	4.3	
28	V. III	4.6	95.4	38.2	»	»	»	»	0.3	o	4.3	0.7	46.3	13.0	49.1	48.1	0.1	0.6	
29	V. III	o	100	36.4	»	»	»	»	»	»	»	»	62.7	0.4	37.3	63.2	o	o	
30	VtS. III	63.9	36.1	40.6	3.8	o	3.5	0.3	12.8	8.5	44.2	24.1	15.4	10.7	20.7	15.8	5.0	21.1	
31	SV. III	89.3	10.7	34.4	»	»	0.3	0.1	1.5	0.9	87.5	52.0	5.9	7.1	4.8	6.5	6.7	45.3	
32	S. III	95.2	4.8	40.0	6.1	o	2.7	0.7	7.4	4.8	79.0	48.3	3.3	2.9	1.5	3.3	4.2	44.1	
33	VS. III	39.6	60.4	39.1	0.8	o	0.7	o	1.6	0.2	36.5	19.8	34.6	20.6	25.8	20.3	1.9	17.9	
34	VS. III	23.0	77.0	39.0	0.8	o	0.9	o	1.3	0.2	20.0	7.0	43.3	22.0	33.7	31.8	1.0	6.0	
35	V. III	3.4	96.6	39.5	0.2	o	0.1	o	0.3	o	2.8	0.4	50.0	17.4	46.6	42.7	0.1	0.3	
36	V. III	2.4	97.6	38.0	»	»	0.2	0.1	0.1	0.1	2.1	0.1	68.5	31.0	29.1	30.7	»	»	
37	V. III	5.9	94.1	38.9	0.1	o	0.2	o	0.3	o	5.3	3.4	66.6	18.7	27.5	39.0	0.6	2.8	
38	VS. III	10.4	89.6	37.4	»	»	0.4	o	0.2	o	9.8	5.1	61.4	56.4	28.2	1.1	1.0	4.1	
39	SV. III	93.7	6.3	47.0	13.1	o	4.9	0.2	1.9	0.8	73.8	43.3	4.1	4.3	2.2	4.4	6.5	36.8	
40	S. III	96.0	4.0	41.1	3.6	o	2.7	tr.	3.7	1.6	86.0	50.2	2.9	4.0	1.1	3.1	7.0	43.2	
41	SV. III	89.8	10.2	45.3	10.9	o	2.7	0.1	2.7	1.1	73.5	42.3	5.3	6.6	4.9	4.6	4.7	37.6	
42	SV. III	84.3	15.7	41.9	6.3	o	2.0	0.2	1.7	1.2	74.3	44.0	11.8	9.0	3.9	3.7	5.5	38.5	
43	SV. III	92.6	7.4	40.8	3.5	o	2.6	0.1	1.8	1.0	84.7	48.8	5.2	6.0	2.2	3.3	6.6	42.2	
100	VtS. III	70.5	29.5	36.9	»	»	0.2	o	0.9	0.2	69.4	40.0	20.8	13.6	8.7	9.3	3.7	36.3	
101	SV. III	75.2	24.8	39.3	3.6	o	1.5	o	2.8	1.8	67.3	43.1	20.3	11.3	4.6	4.5	5.5	37.6	
102	SV. III	80.0	20.0	38.9	2.8	o	1.0	0.1	2.0	1.7	74.2	44.4	11.3	8.2	8.7	6.7	4.8	39.6	
A 1	Reche	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
A 2	S. III	95.5	4.5	34.6	3.7	tr.	1.4	0.2	14.5	7.6	75.9	45.3	2.3	4.5	2.2	7.8	2.3	43.0	
A 3	SV. III	91.0	9.0	34.7	3.2	tr.	1.1	0.2	13.1	6.5	73.6	45.4	7.0	6.3	2.0	6.9	4.6	40.8	
A 4	S. III	91.8	8.2	31.2	2.7	tr.	1.2	0.5	8.8	5.0	79.1	51.0	5.2	6.0	3.0	6.3	1.6	49.4	
A 5	SV. III	93.7	6.3	31.6	3.1	tr.	1.7	0.2	13.7	7.9	75.2	51.5	4.6	4.4	1.7	4.4	1.9	49.6	
A 6	S. III	97.8	2.2	30.9	1.4	o	0.6	tr.	8.7	7.4	87.1	55.5	2.2	2.6	tr.	3.6	5.3	50.2	
A 7	SV. III	80.6	19.4	40.7	9.8	o.1	3.4	0.2	11.7	13.1	55.7	31.8	3.4	2.4	16.0	11.7	4.4	27.4	
A 8	S. III	95.4	4.6	41.2	14.4	o.6	5.1	0.6	34.5	19.1	41.4	32.7	1.2	1.0	3.4	4.8	3.6	29.1	
A 9	SV. III	76.6	23.4	35.0	13.9	tr.	5.5	0.6	29.6	28.7	27.6	17.2	8.0	3.0	15.4	15.5	0.9	16.3	
A 10	SV. III	88.9	11.1	47.7	19.0	tr.	12.3	0.8	28.9	21.2	28.7	20.2	3.1	2.1	8.0	8.0	0.8	19.4	
A 11	SV. III	76.9	23.1	41.5	10.2	o	8.4	0.3	26.5	0.2	31.8	38.0	7.1	4.3	16.0	15.7	0.7	37.3	
A 12	VtS. III	63.3	36.7	42.5	7.2	o	3.9	0.3	20.0	15.2	32.2	18.7	9.1	4.0	27.6	19.8	0.9	17.8	
A 13	SV. III	86.6	13.4	33.0	7.1	tr.	3.8	0.5	34.3	29.1	41.4	26.3	3.7	2.2	9.7	8.9	1.1	25.1	
A 14	SV. III	90.9	9.1	31.5	5.1	tr.	4.2	0.6	41.6	32.8	40.0	27.5	2.5	1.5	6.6	6.1	1.3	26.2	
A 15	VtS. III	67.9	32.1	40.0	11.6	tr.	3.8	0.2	22.8	11.7	29.7	24.7	7.0	2.8	25.1	20.3	1.3	23.4	
A 16	VS. III	10.8	89.2	39.3	1.9	o	1.2	o	1.3	0.1	6.4	2.1	40.1	10.8	49.1	47.7	0.1	2.0	
A 17	V. III	3.5	96.5	35.7	0.3	o	0.2	o	0.2	o	2.8	1.0	54.8	10.5	41.7	52.8	0.1	0.9	
A 18	V. III	6.5	93.5	35.5	0.4	o	0.4	o	0.6	o	5.1	1.5	51.8	13.3	41.7	49.7	0.1	1.4	
A 19	VS. III	35.9	64.1	38.6	5.0	o	1.8	tr.	4.7	1.4	24.4	16.0	30.8	8.1	33.3	35.9	0.8	15.2	
A 20	VtS. III	52.8	47.8	37.0	3.1	o	2.1	tr.	10.0	3.9	37.0	23.2	30.7	7.5	17.1	28.4	1.1	22.1	
A 21	VS. III	29.7	70.3	36.9	1.6	tr.	0.7	tr.	1.1	tr.	26.3	12.8	44.0	13.5	26.3	36.8	0.1	12.7	
A 22	V. III	2.9	97.1	33.6	0.1	o	0.2	o	0.2	0.1	2.4	1.1	77.0	14.5	20.1	50.7	tr.	1.1	
A 23	V. III	0.9	99.1	31.9	»	»	»	»	0.1	o	0.8	0.4	81.2	10.7	17.9	57.0	0.1	0.3	
A 24	V. III	4.4	95.6	33.5	0.1	o	0.2	o	0.1	tr.	4.0	0.9	69.6	14.7	26.0	50.9	0.1	0.8	
A 25	V. III	6.7	93.3	38.0	0.2	o	0.3	o	0.2	o	6.0	3.0	61.5	27.1	31.8	36.9	0.1	2.9	
A 26	VS. III	49.8	50.2	38.6	5.9	o	2.7	o	1.6	tr.	39.6	22.7	30.0	14.1	20.2	24.6	0.9	21.8	
A 27	SV. III	86.9	13.1	39.2	11.3	o	1.6	o	1.0	0.1	73.0	44.8	7.6	6.2	5.5	10.0	3.2	41.3	

STATIONS.	NATURE du fond.	SABLE.	VASE.	CALCAIRE.	SABLE gros.		SABLE moyen.		SABLE fin.		SABLE très fin.		FINS-FINS.		ARGILE.		SABLE très fin.		OBSERVATIONS.
					av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	L.	l.	
A 28	S. III	96.6	3.4	38.9	2.8	o	1.8	o	1.9	o.2	90.1	47.3	2.3	5.3	1.1	8.3	2.5	44.8	
A 29	SV. III	92.7	7.3	37.7	4.4	o	1.6	o	1.1	o.1	85.1	48.0	4.1	5.6	3.2	8.6	3.9	44.1	
A 30	VtS. III	54.0	46.0	40.9	7.4	o	4.3	o	2.1	o.1	40.2	23.8	26.5	10.0	19.5	25.2	1.1	22.7	
A 31	V. III	6.5	93.5	35.2	0.4	o	0.3	o	0.2	o	5.6	2.3	72.5	29.9	21.0	42.6	0.2	2.1	
A 32	SV. III	87.1	12.9	46.7	13.5	tr.	3.5	tr.	2.1	o.2	68.0	41.7	4.0	3.8	8.9	7.6	3.3	38.4	
A 33	V. III	7.5	92.5	35.1	0.3	o	0.3	o	0.2	o.1	6.7	3.2	64.8	26.0	27.7	35.6	0.3	2.9	
A 34	V. III	2.1	97.9	35.2	0.2	o	0.2	o	0.1	tr.	1.6	0.5	57.5	14.4	40.4	49.9	0.1	0.4	
A 35	V. III	2.0	98.0	35.0	0.3	o	0.1	o	0.1	tr.	1.5	1.0	62.6	13.9	35.4	50.1	0.1	0.9	
A 36	V. III	1.1	98.9	36.0	tr.	o	0.1	o	0.1	o	0.9	0.5	59.6	12.0	39.3	51.5	0.1	0.4	
A 37	V. III	4.5	95.5	34.7	0.5	o	0.3	o	0.1	o	3.6	1.9	63.9	20.4	31.6	43.0	0.1	1.8	
A 38	SV. III	81.5	18.5	39.7	4.6	o	2.9	o	1.6	o.1	72.4	44.5	8.0	5.5	10.5	13.2	2.4	39.1	
A 39	S. III	97.4	2.6	34.2	2.4	o	0.8	o	1.0	o.3	93.2	53.2	1.6	5.8	1.0	6.5	3.5	49.7	
A 40	S. III	97.4	2.6	30.7	1.1	o	0.3	o.1	3.6	2.6	92.4	54.7	1.9	7.6	0.7	4.3	7.8	46.9	
A 58 bis	S. III	98.7	1.3	32.8	1.1	o	0.1	o	4.5	3.6	93.0	56.5	0.7	2.7	0.6	4.4	3.3	53.2	
A 59	S. III	96.3	3.7	35.6	4.4	o	0.7	o	2.5	1.4	88.7	51.6	1.9	4.9	1.8	6.5	5.6	46.0	
A 60	VtS. III	74.4	25.6	38.0	5.2	o	2.3	tr.	1.1	o.1	65.8	37.9	7.6	6.4	18.0	17.6	2.5	35.5	
A 61	VtS. III	65.1	34.9	46.0	11.6	tr.	5.9	tr.	2.2	o.1	45.4	24.0	16.0	7.4	18.9	22.5	0.9	23.1	
A 62	V. III	3.9	96.1	34.0	0.2	o	0.2	o	0.2	o.1	3.3	1.1	49.8	17.7	46.3	47.1	0.1	1.0	
A 62 bis	V. III	1.0	99.0	33.6	tr.	o	tr.	o	0.1	o	0.9	0.3	50.5	11.7	48.5	54.4	0.1	0.2	
A 63	V. III	0.4	99.6	33.9	tr.	o	tr.	o	tr.	o	0.4	0.1	52.7	9.0	46.9	57.0	tr.	0.1	
A 64	V. III	4.5	95.5	35.5	0.2	o	0.2	o	0.1	o	4.0	1.7	47.8	13.1	47.7	49.7	0.1	1.6	
A 65	SV. III	78.4	21.6	73.8	54.4	1.1	12.8	0.4	1.8	o.1	9.4	4.7	8.9	3.2	12.7	16.7	0.4	4.3	
A 66	Roche	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
A 67	SV. III	82.8	17.2	35.4	1.9	o	1.5	o	0.5	o.1	78.9	43.9	6.4	8.2	10.8	12.4	3.9	40.0	
A 68	VS. III	20.4	79.6	33.9	0.2	o	0.5	o	0.2	o	19.5	9.4	42.8	13.4	36.8	43.3	0.3	9.1	
A 69	V. III	0.9	99.1	33.0	0.2	o	0.1	o	0.1	o	0.5	0.3	46.4	16.9	52.7	49.8	0.1	0.2	
A 70	V. III	3.0	97.0	34.8	0.1	o	0.1	o	0.1	o	2.7	1.2	40.3	12.3	56.7	51.7	0.1	1.1	
A 71	VS. III	48.5	51.5	35.0	0.1	o	0.3	o	0.2	tr.	47.9	23.1	23.3	15.9	28.2	26.0	0.9	22.2	
A 72	SV. III	83.0	17.0	37.3	1.7	o	0.8	o	0.5	tr.	80.0	39.0	8.4	10.2	8.6	13.5	1.7	37.3	
A 73	SV. III	93.4	6.6	35.8	3.3	o	1.8	o	0.4	o.3	87.9	46.1	4.0	9.3	2.6	8.5	3.5	42.6	
A 74	SV. III	89.5	10.5	32.0	0.5	o	0.6	o	0.4	o.1	88.0	47.0	7.6	10.6	2.9	10.3	5.0	42.0	
A 75	SV. III	92.9	7.1	34.6	1.7	o	1.0	o	0.5	o.1	89.7	47.0	5.1	11.6	2.0	6.7	5.4	41.6	
A 76	VS. III	45.0	55.0	35.1	0.1	o	0.2	o	0.3	tr.	44.4	22.6	28.9	16.4	26.1	25.9	1.2	21.4	
A 77	VS. III	30.2	69.8	34.2	1.4	o	1.5	o	0.5	o	26.8	12.3	38.2	22.0	31.6	31.5	0.5	11.8	
A 78	V. III	2.8	97.2	35.1	0.3	o	0.2	o	0.1	o	2.2	0.8	48.2	15.4	49.0	48.7	0.1	0.7	
A 79	VS. III	24.5	75.5	39.2	4.9	o	3.2	o	2.0	o	14.4	6.8	47.9	20.4	27.6	33.6	0.3	6.5	
A 80	VS. III	24.2	75.8	34.8	1.3	o	0.9	o	0.4	tr.	21.6	9.9	48.5	23.6	27.3	31.7	0.3	9.6	
A 81	VS. III	36.5	63.5	34.5	1.0	o	0.6	o	0.4	tr.	34.5	14.8	42.1	25.3	21.4	25.4	0.4	14.4	
A 82	VS. III	21.1	78.9	35.1	0.2	o	0.2	o	0.2	o	20.5	10.5	42.5	14.6	36.4	39.8	0.3	10.2	
A 83	VS. III	32.2	67.8	30.8	0.2	o	0.2	o	0.2	o	31.6	13.6	25.0	18.2	42.8	37.4	0.4	13.2	
A 84	VS. III	31.3	68.7	36.1	2.2	o	1.2	o	0.5	o.1	27.4	12.7	35.4	17.3	33.3	33.8	0.4	12.3	
A 85	V. II	6.8	93.2	22.6	»	o	0.1	o	0.1	o	6.6	4.8	13.3	3.5	79.9	69.1	0.2	4.6	
A 86	S. III	98.3	1.7	29.8	3.9	o	0.7	o	0.7	o.1	93.0	59.2	1.1	4.7	0.6	6.2	3.8	55.4	
A 87	SV. III	87.1	12.9	32.7	0.2	o	0.3	o	0.3	o.1	86.3	46.3	8.2	11.0	4.7	9.9	5.8	40.5	
A 88	SV. III	91.9	8.1	34.2	2.9	o	1.5	o	0.5	o.2	87.0	48.6	4.4	9.0	3.7	8.0	7.1	41.5	
A 89	SV. III	89.7	10.3	33.8	0.2	o	0.4	o	0.2	o.1	88.9	45.0	8.5	13.0	1.8	8.1	6.3	38.7	
A 90	SV. III	77.9	22.1	38.1	4.7	o	1.0	o	0.3	o.1	71.9	40.9	18.1	13.5	4.0	7.4	3.6	37.3	
A 91	SV. III	83.9	16.1	35.8	1.4	o	0.7	o	0.5	o	81.3	49.1	13.7	10.0	2.4	5.0	5.4	43.7	
A 92	VS. III	46.3	53.7	35.4	0.4	o	0.5	o	0.4	o	45.0	28.9	37.9	18.6	15.8	17.1	1.4	27.5	
A 93	VS. III	41.3	58.7	36.2	2.4	o	1.1	o	0.6	o	37.2	21.7	39.7	22.3	19.0	19.8	1.6	20.1	
A 94	VS. III	25.0	75.0	43.0	7.1	o	5.4	o	2.4	o	10.1	6.8	33.8	16.8	41.2	33.4	0.2	6.6	
A 95	VS. III	30.3	69.7	35.4	2.4	o	1.1	o	0.5	o	26.3	15.6	40.3	21.0	29.4	26.0	0.8	14.8	
A 96	VS. III	17.9	82.1	37.4	1.5	o	0.8	o	0.7	o	14.9	8.7	48.1	18.9	34.0	35.0	0.3	8.4	
A 97	VS. III	31.8	68.2	34.6	0.9	o	0.5	o	0.4	o	30.0	19.6	51.3	25.2	16.9	20.6	0.6	19.0	
A 98	VS. III	12.3	87.7	30.1	0.1	o	0.1	o	0.1	o	12.0	6.9	33.2	13.0	54.5	50.0	0.2	6.7	
A 99	VS. III	12.2	88.8	28.0	»	»	0.1	o	0.1	o	12.0	7.4	33.3	14.8	54.5	49.8	0.2	7.2	
A 100	VtS. III	55.0	45.0	32.3	»	»	0.1	o	0.1	o	54.8	31.2	28.5	18.0	16.5	18.5	2.4	28.8	
A 101	SV. III	92.8	7.2	33.0	»	»	»	»	0.4	o	92.4	48.8	5.6	8.7	1.6	9.5	4.6	44.2	
A 102	SV. III	78.8	21.2	32.5	»	»	0.1	o	0.2	o	78.5	43.1	13.5	11.2	7.7	13.2	3.6	39.5	
A 103	VS. III	17.5	82.5	36.5	0.4	o	0.4	o	0.5	tr.	16.2	6.7	59.2	22.6	23.3	34.2	0.1	6.6	
A 104	SV. III	93.6	6.4	32.4	0.2	o	0.2	o	1.2	o	92.0	50.2	4.0	7.7	2.4	9.7	4.2	46.0	
A 105	VS. III	40.9	59.1	29.9	0.2	o	0.1	o	0.1	o	40.5	21.9	21.7	13.6	37.4	34.6	1.0	20.9	
A 106	VS. III	36.5	63.5	30.8	»	»	0.1	o	0.1	o	36.3	20.1	34.8	17.0	28.7	32.1	1.2	18.9	
A 107	V. III	8.8	91.2	34.9	0.2	o	0.5	o	0.3	o	7.8	6.3	74.1	38.3	17.1	20.5	0.2	6.1	
A 108	V. III	7.0	93.0	34.0	0.5	o	0.4	o	0.2	o	5.9	3.7	69.2	36.8	23.8	25.5	0.2	3.5	

STATIONS.	NATURE du fond.	SABLE.	VASE.	CALCAIRE.	SABLE gros.		SABLE moyen.		SABLE fin.		SABLE très fin.		FINS-FINS.		ARGILE.		SABLE très fin.		OBSERVATIONS.
					av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	L.	l.	
A 109	VS. III	35.7	64.3	32.6	0.1	0	0.1	0	0.1	0	35.4	18.5	52.3	28.8	12.0	20.1	0.3	18.2	
A 110	V. III	5.8	94.2	28.8	»	»	0.1	0	0.1	0	5.6	3.4	62.6	29.1	31.6	38.7	0.1	3.3	
A 111	SV. III	93.9	6.1	28.4	»	»	0.4	0	2.8	0	90.7	50.2	3.9	8.9	2.2	12.5	1.7	48.5	
A 112	SV. III	90.5	9.5	33.1	»	»	0.1	0	1.3	0	89.1	50.6	7.7	9.0	1.8	7.3	4.9	45.7	
A 113	S. III	97.1	2.9	31.6	»	»	0.1	0	0.9	0	96.1	52.7	2.1	6.7	0.8	9.0	3.0	49.7	
A 114	VtS. III	60.0	40.0	31.3	0.2	0	0.4	0	0.6	0	58.8	29.3	32.4	24.0	7.6	15.4	0.5	28.8	
A 115	SV. III	87.8	12.2	30.3	»	»	0.2	0	1.6	0.7	86.0	47.3	5.5	9.1	6.7	12.6	2.1	45.2	
B 1	S. III	93.3	1.7	30.5	3.3	0	1.7	0.3	14.4	16.2	78.9	48.1	1.1	3.6	0.6	1.3	5.1	43.0	
B 2	S. III	98.9	1.1	31.2	2.2	0	1.8	0.2	14.9	15.3	80.0	49.6	0.3	2.3	0.8	1.4	6.6	43.0	
B 3	SV. III	78.5	21.5	40.3	6.8	0	3.7	1.0	9.1	7.6	58.9	35.3	7.4	8.7	14.1	7.1	6.7	28.6	
B 4	VtS. III	58.2	41.8	41.6	7.5	1.6	5.3	0.3	17.3	15.7	28.1	11.1	13.9	16.6	27.9	13.1	0.3	10.8	
B 5	VS. III	32.6	67.4	35.6	2.7	0	2.0	0.7	8.8	9.1	19.1	9.5	17.3	21.5	50.1	23.6	1.5	8.0	
B 6	SV. IV	81.2	18.8	64.6	51.8	0	8.3	0.6	11.0	12.8	10.1	5.1	3.6	6.9	15.2	10.0	0.7	4.4	
B 7	SV. III	91.1	8.9	35.7	9.3	0	9.0	0.4	29.1	30.3	43.7	23.5	4.1	4.9	4.8	5.2	2.7	20.8	
B 8	SV. III	81.3	18.7	35.1	9.2	0	6.5	0.5	21.3	22.7	44.3	25.2	9.4	9.5	9.3	7.0	2.8	22.8	
B 9	SV. III	83.3	16.7	35.2	13.3	0	5.9	0.4	25.7	28.4	38.4	21.6	6.4	7.5	10.3	6.9	2.7	20.4	
B 10	VS. III	13.4	86.6	36.3	2.9	0	1.5	0	1.8	1.9	7.2	2.3	31.1	29.1	55.5	30.4	0.4	1.9	
B 11	V. III	4.5	95.5	33.2	0.4	0	0.2	0.1	0.2	0	3.7	1.0	34.9	33.2	60.6	32.5	0.2	0.8	
B 12	VS. IV	38.9	61.1	59.3	26.4	0	5.0	0	1.2	0.3	6.3	2.6	26.7	21.4	34.4	16.4	0.4	2.2	
B 13	V. III	8.4	91.6	35.4	2.3	0	0.7	0	1.2	1.3	4.2	2.5	10.7	15.1	80.9	45.7	0.2	2.3	
B 14	VS. III	46.1	53.9	39.6	6.2	0	2.7	0.2	1.6	1.4	35.6	20.4	28.9	26.1	25.0	13.3	2.5	17.9	
B 15	S. IV	96.1	3.9	59.8	68.5	4.9	5.9	2.6	3.7	5.4	18.0	17.7	1.4	7.0	2.5	2.6	1.4	16.3	
B 16	S. III	98.8	1.2	29.0	0.9	0	1.8	1.1	7.8	8.3	88.3	56.6	0.6	3.4	0.6	1.6	6.0	50.6	
B 17	Roche	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
B 18	Roche	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
B 18 bis	Roche	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
B 18 ter	SV. IV	79.1	20.9	52.9	46.7	0.2	6.6	0.7	4.5	4.9	21.3	19.1	6.8	10.4	14.1	11.8	1.7	17.4	
B 19	Roche	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
B 20	VtS. IV	66.9	33.1	60.5	39.4	0.9	4.4	0.6	5.2	4.1	18.0	9.8	10.2	10.5	22.9	13.6	1.0	8.8	
B 21	V. III	2.9	97.1	34.4	0.5	0	0.2	0	0.2	0	2.0	0.4	42.8	32.4	54.3	32.8	0.1	0.3	
B 22	V. III	3.4	96.6	33.9	»	»	»	»	0.4	0	3.0	0.6	53.0	41.1	43.6	24.4	0.1	0.5	
B 23	V. III	2.2	97.8	31.7	»	»	»	»	0.1	0	2.1	0.5	41.4	37.3	56.4	30.5	0.2	0.3	
B 24	V. III	2.3	97.7	34.2	»	»	»	»	0.2	0	2.1	0.4	24.9	23.1	72.8	42.3	0.1	0.3	
B 25	V. III	2.5	97.5	33.0	»	»	»	»	0.3	0	2.2	0.4	39.7	38.7	57.8	27.9	0.1	0.3	
B 26	V. III	2.9	97.1	33.3	»	»	»	»	0.3	0	2.6	0.5	50.4	41.0	46.7	25.2	0.1	0.4	
B 27	Roche	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
B 27 bis	VS. III	46.8	53.2	41.7	10.7	0	3.6	0.1	4.2	3.7	28.3	12.4	32.6	29.8	20.6	12.3	1.5	10.9	
B 28	VtS. III	68.4	31.6	30.7	0.2	0	0.2	0	0.5	0.7	67.5	32.4	28.2	32.9	3.4	3.3	4.9	27.5	
B 29	SV. III	87.6	12.4	30.2	0.2	0	0.1	0	0.6	0.2	86.7	48.3	10.1	18.4	2.3	2.9	5.8	42.5	
B 30	Roche	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
B 30 bis	V. III	9.5	90.5	35.0	0.5	0	0.2	0	0.2	0.2	8.6	1.8	59.1	46.9	31.4	16.1	0.4	1.4	
B 31	Roche	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
B 32	V. III	6.4	93.6	34.0	0.1	0	0.1	0	0.2	0	6.0	1.6	77.9	53.6	15.7	10.8	0.6	1.0	
B 33	V. III	3.3	96.7	33.2	0.2	0	0.1	0	0.2	0	2.8	0.7	58.9	41.9	37.8	24.2	0.2	0.5	
B 34	V. III	2.7	97.3	33.8	0.1	0	»	»	0.1	0	2.5	0.6	49.6	36.2	47.7	29.4	0.2	0.4	
B 35	V. III	1.7	98.3	34.4	»	»	»	»	0.1	0	1.6	0.3	41.4	28.2	56.9	37.1	0.1	0.2	
B 36	V. III	9.2	90.8	33.8	0.1	0	0.1	0	0.1	0	8.9	1.6	69.0	49.8	21.8	14.8	0.3	1.3	
B 37	V. III	8.1	91.9	34.6	tr.	0	tr.	0	0.2	0	7.9	2.4	67.0	46.7	24.9	16.3	0.3	2.1	
B 38	V. III	7.9	92.1	33.6	0.1	0	»	»	0.1	0.5	7.7	2.0	67.6	48.3	24.5	15.6	0.5	1.5	
B 39	VS. III	10.9	89.1	32.9	»	»	»	»	0.2	0.2	10.7	6.4	57.1	36.3	32.0	24.2	1.3	5.1	
B 40	SV. III	81.7	18.3	31.0	»	»	0.1	0	0.4	0.4	81.2	36.5	16.3	28.7	2.0	3.4	4.4	32.1	
B 41	VS. III	29.0	71.0	33.1	»	»	0.1	0	0.1	tr.	28.8	8.3	62.4	50.5	8.6	8.1	1.6	6.7	
B 42	VS. III	47.3	52.7	31.9	»	»	»	»	0.1	0.1	47.2	28.7	39.7	30.3	13.0	9.0	3.3	25.4	
B 43	V. III	5.6	94.4	34.1	»	»	»	»	0.1	0	5.5	1.5	31.1	32.1	63.3	32.3	0.1	1.4	
B 44	V. III	6.1	93.9	34.4	0.1	0	»	»	0.1	0	5.9	1.2	46.3	30.5	47.6	33.9	0.1	1.1	
B 45	V. III	2.8	97.2	32.5	»	»	»	»	0.1	tr.	2.7	1.0	52.4	26.3	44.8	40.2	0.2	0.8	
B 46	VS. III	16.9	83.1	32.5	»	»	»	»	0.1	0.1	16.8	10.6	54.0	39.1	29.1	17.7	1.2	9.4	
B 47	SV. III	81.5	18.5	28.7	»	»	0.1	0	0.4	0.5	81.0	43.3	16.3	24.4	2.2	3.1	4.1	39.2	
B 48	S. III	96.2	3.8	28.4	»	»	»	»	0.6	0.5	95.6	61.4	2.4	7.6	1.4	2.1	6.0	55.4	
B 49	VS. III	27.7	72.3	31.5	»	»	tr.	tr.	0.1	0.1	27.6	13.8	49.3	37.8	23.0	16.8	1.7	12.1	
B 50	VS. III	13.7	86.3	33.0	»	»	»	»	0.1	0.1	13.6	6.9	56.1	36.7	30.2	23.3	1.0	5.9	
B 51	V. III	8.1	91.9	33.3	0.1	0	0.1	0	0.1	0.1	7.8	2.8	59.9	34.0	32.0	29.8	0.6	2.2	
B 52	V. III	5.3	94.7	41.9	0.4	0	0.1	0	0.2	0.1	4.6	2.0	58.1	30.1	36.6	25.9	0.7	1.3	
B 53	VS. III	32.4	67.6	34.4	4.2	0	2.7	0.1	7.4	7.4	18.1	10.1	40.4	30.1	27.2	17.9	1.2	8.9	

STATIONS.	NATURE du fond.	SABLE.	VASE.	CALCAIRE.	SABLE gros.		SABLE moyen.		SABLE fin.		SABLE très fin.		FINS-FINS.		ARGILE.		SABLE très fin.		OBSERVATIONS.
					av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	L.	l.	
B 54	G. Cebm	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
B 55	VS. III	45.1	54.9	36.1	2.2	0	3.0	0	3.6	2.2	36.3	22.2	26.2	17.9	28.7	21.6	2.2	20.0	
B 56	SV. III	80.6	19.4	37.6	11.8	0	10.5	0.6	19.0	20.8	39.3	23.1	9.7	8.9	9.7	9.0	2.2	20.9	
B 57	VS. III	35.9	64.1	32.7	4.8	0	4.0	0.2	5.9	4.1	21.2	11.0	39.4	29.8	24.7	22.2	0.5	10.5	
B 58	V. III	2.9	97.1	35.2	0.2	0	0.1	0	0.1	0	2.5	1.1	54.5	23.2	42.6	40.5	0.1	1.0	
B 59	V. III	8.3	91.7	31.3	0.2	0	0.3	0	0.2	tr.	7.6	2.7	63.1	35.2	28.6	30.8	0.1	2.6	
B 60	V. III	4.0	96.0	31.9	0.2	0	0.3	0	0.2	tr.	3.3	1.1	74.4	42.0	21.6	25.0	0.1	1.0	
B 61	V. III	4.5	95.5	28.0	0.2	0	0.3	0	0.2	tr.	3.8	1.6	70.7	43.2	24.8	27.2	0.1	1.5	
B 62	VtS. III	60.0	40.0	32.8	2.2	0	1.7	0	1.5	0.8	54.6	30.3	23.8	19.8	16.7	16.3	0.7	29.6	
B 63	SV. III	93.7	6.3	30.8	tr.	0	0.2	1.5	1.2	1.1	92.3	56.4	4.7	6.1	1.6	4.1	4.4	52.0	
B 64	S. III	95.2	4.8	28.2	0.2	0	0.2	0.1	1.7	1.6	93.1	61.6	3.5	4.6	1.3	3.9	5.0	56.6	
B 65	S. III	95.3	4.7	25.1	0.4	0	0.5	0.2	2.3	2.1	92.1	62.7	2.5	5.1	2.2	4.8	5.1	57.6	
B 66	VS. III	44.0	56.0	30.7	1.0	0	0.6	0	0.5	0.1	41.0	18.6	34.7	31.3	21.3	19.3	3.2	18.4	
B 67	VS. III	11.4	88.6	29.8	0.9	0	0.5	0	0.4	0.1	9.6	2.1	52.1	38.2	36.5	29.8	0.1	2.0	
B 68	VS. III	21.9	78.1	29.2	0.3	0	0.3	0	0.3	0.1	21.0	4.1	51.5	41.2	26.6	25.4	0.4	3.7	
B 69	S. III	97.2	2.8	25.7	0.1	0	0.2	0.1	0.8	0.8	96.1	65.8	1.8	4.1	1.0	3.5	7.0	58.8	
B 70	S. II	95.6	4.4	23.8	»	»	0.1	0.1	1.2	0.8	94.3	63.9	2.8	5.7	1.6	5.7	3.2	60.7	
B 71	VtS. III	63.6	36.4	27.2	0.6	0	0.5	0.1	0.7	0.1	61.8	24.1	22.8	33.0	13.6	15.5	0.2	23.9	
B 72	VS. III	12.1	88.9	27.2	0.1	0	0.4	0	0.3	0.1	11.3	2.3	55.0	43.0	32.9	27.3	0.4	1.9	
B 73	V. III	3.1	96.9	26.2	0.6	0	0.2	0	0.2	0.1	2.1	0.6	47.7	35.2	49.2	37.9	0.2	0.4	
B 74	boudin	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
B 75	V. III	9.7	90.2	26.0	0.3	0	0.2	0	0.2	0.1	9.0	2.4	61.8	47.1	28.4	24.4	0.5	1.9	
B 76	VS. III	46.1	53.9	26.8	0.5	0	0.4	0.1	0.7	0.3	44.5	13.4	42.5	47.8	11.4	11.6	0.1	13.3	
B 77	SV. II	94.9	5.1	24.4	»	»	0.2	0.1	1.7	1.6	93.0	63.3	3.6	6.0	1.5	4.6	5.6	57.7	
B 78	S. II	96.3	3.7	22.0	tr.	0	0.2	0.1	1.2	1.2	94.9	67.5	2.5	4.6	1.2	4.6	6.2	61.3	
B 79	SV. II	11.1	88.9	23.8	0.7	0	0.4	0	0.4	0.2	9.6	3.4	63.1	49.2	25.8	23.4	0.5	2.9	
B 80	V. III	1.3	98.7	27.3	»	»	0.1	0	0.1	0	1.1	0.4	47.2	27.9	51.5	44.4	0.1	0.3	
B 81	V. III	1.0	99.0	27.6	»	»	0.1	0	0.1	0	0.8	0.1	43.7	19.7	55.3	52.6	»	»	
B 82	V. III	1.5	98.5	25.9	»	»	0.1	0	0.2	0	1.2	0.3	59.5	29.9	39.0	43.9	»	»	
B 83	V. II	4.9	95.1	22.5	»	»	0.3	0	0.2	0.2	4.4	1.2	64.6	43.6	30.5	32.5	0.4	0.8	
B 84	S. II	95.0	5.0	21.5	»	»	0.3	0.1	1.2	1.1	93.5	66.4	3.5	6.2	1.5	4.7	5.5	60.9	
B 85	S. II	95.1	4.9	21.5	0.1	0	0.1	0.1	1.1	1.2	94.8	65.2	2.3	7.0	1.6	5.0	3.2	62.0	
B 86	VtS. II	66.5	33.5	19.5	0.1	0	0.3	0.1	1.4	0.7	64.7	42.9	20.4	21.3	13.1	15.5	0.1	42.8	
B 87	V. II	5.6	94.4	24.1	0.2	0	0.2	0	0.3	0.1	4.9	1.8	63.0	44.8	31.4	29.2	0.4	1.4	
B 88	V. III	0.9	99.1	25.5	»	»	0.1	0	0.1	0	0.7	0.2	54.0	31.5	45.1	42.8	»	»	
B 89	V. III	0.7	99.3	27.2	»	»	»	»	0.2	0	0.5	0.2	48.2	24.1	51.1	48.5	»	»	
B 90	V. II	2.3	97.7	24.6	0.1	0	0.1	0	0.2	0	1.9	0.6	55.9	34.8	41.8	40.0	0.1	0.5	
B 91	VS. II	11.0	89.0	22.5	0.2	0	0.1	0.1	0.5	0.3	10.2	3.1	64.7	48.4	24.3	25.6	0.4	2.7	
B 92	SV. II	79.6	20.4	21.5	0.2	0	0.6	0.2	1.6	1.3	77.2	49.5	15.6	20.7	4.8	6.8	3.2	46.3	
B 93	SV. II	93.5	6.5	25.0	0.1	0	0.1	0.1	1.6	0.8	91.7	62.1	4.9	7.9	1.6	4.1	6.2	55.9	
B 94	SV. II	94.0	6.0	24.1	»	»	0.1	0	0.7	0.5	93.2	62.4	4.5	8.9	1.5	4.1	4.7	57.7	
B 95	SV. II	76.3	23.7	20.6	0.1	0	0.1	0.1	0.5	0.2	75.6	39.0	20.6	33.6	3.1	6.5	2.8	36.2	
B 96	VS. II	15.5	84.5	19.8	tr.	0	0.6	0.3	1.1	0.4	13.8	5.5	66.4	54.4	18.1	19.6	0.6	4.9	
B 97	V. II	8.2	91.8	21.6	1.2	0	0.7	0	0.7	0.2	5.6	2.3	59.5	41.1	32.3	34.8	0.3	2.0	
B 98	V. III	1.1	98.9	25.3	0.2	0	0.1	0	0.1	0	0.7	0.3	45.4	30.2	53.5	44.2	»	»	
B 99	V. III	1.0	99.0	25.8	tr.	0	0.1	0	0.1	0	0.8	0.3	31.8	24.2	67.2	49.7	»	»	
B 100	V. II	4.6	95.4	21.5	0.2	0	0.1	0	0.3	0.1	4.0	1.5	55.7	43.4	39.7	34.5	0.3	1.2	
B 101	VtS. II	60.7	39.3	22.6	0.4	0	0.2	0.1	1.2	0.6	58.9	35.4	29.5	31.1	9.8	10.2	3.6	31.8	
B 102	SV. II	85.2	14.8	20.1	0.3	0	0.4	0.2	1.4	1.0	83.1	54.1	12.8	18.8	2.0	5.8	5.7	48.4	
B 103	VtS. II	57.7	42.3	16.6	0.2	0.2	0.6	0.4	2.2	2.0	54.7	32.2	37.4	41.6	4.9	7.0	4.8	27.4	
B 104	SV. II	83.2	16.8	21.7	0.2	0	0.3	tr.	1.6	1.0	81.1	51.4	13.5	19.4	3.3	6.5	5.1	46.3	
B 105	SV. II	81.9	18.1	21.7	0.6	0	0.3	tr.	0.8	0.4	80.2	53.3	14.9	17.9	3.2	6.7	4.2	49.1	
B 106	V. II	7.4	92.6	20.9	0.2	0	0.4	0	0.5	0.4	6.3	2.5	60.4	42.8	32.2	33.4	0.5	2.0	
B 107	V. II	1.1	98.9	24.8	»	»	0.2	0	0.1	0	0.8	0.3	29.3	24.1	69.6	50.8	»	»	
B 108	V. III	0.7	99.3	26.0	»	»	0.2	0	0.1	0	0.4	1.9	34.9	17.0	64.4	55.1	»	»	
B 109	V. III	0.9	99.1	27.7	»	»	»	»	0.2	0	0.7	0	40.4	19.0	58.7	53.3	»	»	
B 110	V. II	2.0	98.0	24.1	»	»	0.1	0	0.3	0	1.6	0.7	53.1	28.7	44.9	46.5	0.1	0.6	
B 111	SV. II	82.2	17.8	21.1	0.9	0	0.4	0	0.9	0.5	80.0	52.3	12.2	17.1	5.6	9.0	5.3	47.0	
B 112	VS. II	29.6	70.4	18.0	0.1	0	0.1	0	0.6	0.3	28.9	15.4	66.2	59.9	4.2	6.4	2.1	13.3	
B 113	SV. II	77.2	22.8	6.7	0.4	0.3	1.7	1.6	23.4	23.1	51.7	38.3	20.5	24.7	2.3	4.7	5.1	33.2	
B 114	SV. II	82.4	17.6	6.6	0.2	0	1.3	0.1	18.3	18.2	62.6	48.7	15.6	22.5	2.0	3.9	5.1	43.6	
B 115	S. I	99.6	0.4	2.5	1.0	0.6	35.7	32.6	44.8	48.2	18.1	14.3	0.3	0.9	0.1	0.9	3.5	10.8	
B 116	SV. II	77.7	22.3	6.0	0.1	0	1.2	0.9	22.4	23.4	54.0	43.6	18.2	21.1	4.1	5.0	4.6	39.0	
B 117	SV. II	80.1	19.9	20.2	0.3	0	0.3	0	0.9	0.6	78.6	51.9	15.4	20.5	4.5	6.8	4.3	47.6	
B 118	VS. II	42.5	57.5	22.7	1.3	0	0.8	0	1.1	0.8	39.3	22.3	33.5	27.4	24.0	26.8	1.4	20.9	

STATIONS.	NATURE du fond.	SABLE.	VASE.	CALCAIRE.	SABLE gros.		SABLE moyen.		SABLE fin.		SABLE très fin.		FINS-FINS.		ARGILE.		SABLE très fin.		OBSERVATIONS.
					av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	L.	I.	
B 119	V. III	1.0	99.0	26.0	»	»	»	»	0.1	0	0.9	0.2	51.9	22.6	47.1	51.2	»	»	
B 120	V. III	0.6	99.4	27.5	»	»	»	»	0.1	tr.	0.5	0.2	45.9	20.2	43.5	52.1	»	»	
B 121	V. II	7.6	92.4	20.7	0.1	0	0.2	0	0.4	0	6.9	3.0	39.3	31.5	53.0	44.8	0.4	2.6	
B 122	SV. II	83.0	17.0	19.7	0.4	0	0.3	0	0.8	0.4	81.5	55.6	11.4	17.3	5.6	6.9	4.3	51.3	
B 123	SV. II	78.3	21.7	8.9	0.1	0	1.3	0.7	11.3	10.2	65.6	48.4	18.6	26.1	3.1	5.7	3.9	44.5	
B 124	VS. II	17.1	82.9	16.8	0.1	0	0.1	0.1	0.3	0.2	16.6	5.7	72.2	65.6	10.7	11.6	1.1	4.6	
B 125	VtS. II	70.3	29.7	18.5	0.3	0	0.3	tr.	0.7	0.3	69.0	45.8	20.0	25.4	9.7	10.0	3.9	41.9	
B 126	SV. II	75.8	24.2	18.5	0.8	0	0.3	0	0.8	0.4	73.9	50.3	13.9	19.8	10.3	11.0	4.4	45.9	
B 127	V. II	2.8	97.2	23.1	0.1	0	0.1	0	0.1	0.1	2.5	1.1	36.2	30.4	61.0	44.0	0.1	1.0	
B 128	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
B 129	V. III	0.8	99.2	27.3	»	»	0.1	0	0.1	0	0.6	0.4	34.2	23.1	65.0	49.2	0.1	0.3	
B 130	VS. II	25.7	74.3	21.7	0.3	0	0.1	0	0.3	0.2	25.0	15.2	34.0	31.8	40.3	31.1	1.1	14.1	
B 131	SV. II	85.0	15.0	14.8	0.2	0	0.2	tr.	0.7	0.3	83.9	62.5	10.0	14.7	5.0	7.7	6.8	55.7	
B 132	VS. II	29.7	70.3	18.5	0.3	0	0.1	0	0.4	0.3	28.9	16.9	43.4	43.3	20.9	21.0	2.3	14.6	
B 133	SV. II	93.3	6.7	5.7	»	»	0.7	0.6	13.0	12.2	79.6	69.6	5.6	9.3	1.1	2.6	7.5	62.1	
B 134	S. II	96.0	4.0	5.2	0.2	0.1	5.2	3.8	28.2	27.5	62.4	54.4	2.8	6.4	1.2	2.6	12.2	42.2	
B 135	VS. II	30.5	69.5	17.5	2.1	0.4	1.9	0.8	2.1	1.1	24.4	14.0	57.0	53.1	12.5	13.1	2.4	11.6	
B 136	VtS. II	72.4	27.6	20.7	0.8	0	0.3	0.2	0.6	0.2	70.7	42.3	21.3	29.2	6.3	7.4	5.9	36.4	
B 137	VS. II	21.9	78.1	21.4	0.3	0	0.2	tr.	0.3	0.1	21.1	7.7	35.6	35.0	42.5	35.8	1.4	6.3	
B 138	V. II	2.6	97.4	21.2	0.3	0	0.2	0	0.2	0.1	1.9	0.6	39.1	36.4	58.3	41.7	0.1	0.5	
B 139	V. II	1.6	98.4	23.8	tr.	0	0.2	0	0.1	0	1.3	0.4	35.2	27.2	63.2	48.6	0.1	0.3	
B 140	VS. II	10.5	89.5	22.7	0.2	0	0.1	0	0.2	0.1	10.0	3.6	51.2	41.5	38.3	32.1	1.0	2.6	
B 141	VtS. III	73.9	26.1	37.7	48.3	22.4	17.8	13.0	1.9	0.7	5.9	1.8	13.0	11.5	13.1	12.9	0.3	1.5	
B 142	VS. III	10.6	89.4	21.3	0.5	tr.	0.7	0.6	0.4	0.2	9.0	3.2	69.5	55.1	19.9	19.6	0.8	2.4	
B 143	SV. I	84.4	15.6	4.4	0.1	tr.	1.1	0.8	8.8	8.8	74.4	62.2	10.6	17.5	5.0	6.3	8.8	53.4	
B 144	SV. I	94.4	5.6	2.7	tr.	0	4.6	3.0	31.8	32.6	58.0	53.0	3.7	5.7	1.9	3.0	9.8	43.2	
B 145	V. II	8.2	91.8	16.0	0.1	0	0.2	0.1	0.3	0.2	7.6	2.5	59.7	55.1	32.1	26.1	0.9	1.6	
B 146	VS. II	10.2	89.8	18.8	0.7	0	1.3	tr.	1.4	0.2	6.8	2.7	38.4	30.5	51.4	47.8	0.4	2.3	
B 147	VS. II	11.4	88.6	24.4	4.4	3.0	2.5	1.5	0.6	0.1	3.9	1.1	43.0	31.1	45.6	38.8	0.4	0.7	
B 148	V. II	2.1	97.9	25.0	0.2	0	0.2	0	0.1	0	1.6	0.3	39.4	19.3	58.5	55.4	»	»	
B 149	V. II	1.4	98.8	24.2	0.2	0	0.2	0	0.1	0	0.9	0.2	32.7	24.9	66.1	50.7	»	»	
B 150	VS. III	25.7	74.3	27.7	11.1	6.0	3.4	1.3	2.1	0.2	9.0	2.5	43.5	34.4	30.8	27.9	0.5	2.0	
B 151	VS. II	11.8	88.2	16.9	0.2	tr.	0.3	tr.	0.4	0.3	10.9	6.8	64.9	55.3	23.3	20.7	1.2	5.6	
B 152	VtS. II	62.7	37.3	5.8	0.3	tr.	0.4	0.3	1.4	1.9	60.5	57.2	29.1	27.2	8.2	7.6	9.1	48.1	
B 153	SV. I	78.8	21.2	1.9	0.1	0.1	3.7	3.1	16.5	15.9	58.6	55.1	14.6	16.9	6.5	7.0	9.7	45.4	
B 154	SV. I	94.2	5.8	2.0	0.9	0.1	3.2	2.7	36.7	34.9	53.3	51.9	3.6	6.5	2.2	1.9	10.2	41.7	
B 155	VS. II	31.1	68.9	10.6	0.4	0.1	1.1	0.6	1.7	1.8	27.8	25.7	49.8	47.1	19.1	14.1	5.6	20.1	
B 156	VS. II	12.4	87.6	19.0	1.0	tr.	0.5	0.2	0.5	0.2	10.4	7.3	68.1	58.9	19.4	14.4	1.5	5.8	
B 157	V. II	8.2	91.8	19.9	0.2	0	0.2	tr.	0.2	0.1	7.6	3.2	52.8	46.3	39.0	30.5	0.3	2.9	
B 158	V. III	2.4	97.6	26.8	0.1	tr.	0.2	tr.	0.2	0.1	1.9	0.6	39.2	35.9	58.4	36.6	0.1	0.5	
B 159	V. II	1.2	98.8	24.7	0.2	0	0.1	0	0.1	tr.	0.7	0.6	25.6	21.8	73.2	52.9	0.1	0.5	
B 160	V. II	4.0	96.0	20.0	0.2	0	0.3	tr.	0.2	0.1	3.4	0.7	45.8	42.0	50.2	37.2	0.2	0.5	
B 161	V. II	4.7	95.3	14.6	0.5	0	0.3	tr.	0.2	tr.	3.7	0.8	59.6	50.3	35.7	34.3	0.3	0.5	
B 162	VS. II	20.8	79.2	14.9	2.7	1.5	3.9	2.6	2.7	1.8	11.4	6.9	43.2	40.3	36.1	32.0	1.4	5.5	
B 163	SV. I	91.1	8.9	2.1	»	»	1.2	1.2	24.2	19.6	65.6	64.9	6.7	8.5	2.2	3.7	10.5	54.4	
B 164	SV. I	84.1	15.9	1.8	0.2	0	1.1	1.1	5.7	5.2	77.2	69.7	13.0	18.3	2.8	3.9	10.5	59.2	
B 165	S. I	99.0	1.0	1.1	0.2	0.2	13.1	12.0	46.5	46.4	39.2	37.3	0.7	1.7	0.3	1.3	10.2	27.1	
B 166	VS. II	24.7	75.3	6.9	0.1	tr.	0.2	0.1	0.6	0.4	23.8	24.3	66.7	59.6	8.6	8.7	5.2	19.1	
B 167	VtS. I	73.0	27.0	4.7	58.7	57.3	11.3	13.6	1.3	1.3	1.7	0.9	17.0	13.5	10.0	8.7	0.2	0.7	
B 168	VS. II	16.5	83.5	19.3	6.2	4.1	4.1	2.3	2.4	1.0	3.8	2.9	44.0	36.7	39.5	33.7	0.3	2.6	
B 169	V. II	2.5	97.5	22.7	0.2	tr.	0.1	tr.	0.2	0.1	2.0	0.6	42.3	31.8	55.2	44.8	0.1	0.5	
B 170	V. II	2.1	97.9	20.2	tr.	tr.	0.1	tr.	0.1	tr.	1.8	0.4	44.4	34.4	53.5	45.0	0.1	0.3	
B 171	VS. II	10.9	89.1	19.3	1.8	0.5	1.5	0.4	2.0	1.2	5.6	3.0	47.6	39.6	41.5	36.0	0.3	2.7	
B 172	S. I	97.3	2.7	2.6	1.3	0.4	85.0	84.0	9.7	9.0	1.3	1.2	1.2	1.2	1.5	1.6	0.2	1.0	
B 173	VS. II	21.7	78.3	6.2	0.6	0.2	7.2	7.0	1.1	1.0	12.8	7.6	67.0	66.0	11.3	12.0	2.8	4.8	
B 174	SV. I	85.3	14.7	1.7	0.2	tr.	1.0	0.6	7.9	6.5	76.2	72.0	9.4	13.2	5.3	6.0	14.2	58.0	
B 175	SV. I	85.2	14.8	1.1	»	»	1.1	1.1	12.7	10.3	71.4	67.5	9.4	13.0	5.4	7.0	12.7	54.8	
B 176	VS. II	21.0	79.0	5.8	0.5	0.1	1.2	0.8	0.9	0.8	18.4	8.8	66.8	70.7	12.2	13.0	2.4	6.4	
B 177	VS. II	14.2	85.8	10.2	0.5	tr.	0.5	0.3	1.3	1.5	11.9	11.6	72.2	64.3	13.6	12.1	3.3	8.3	
B 178	S. II	96.8	3.2	7.1	12.7	11.6	32.9	30.8	35.5	37.5	15.7	9.7	2.1	2.5	1.1	0.8	2.3	7.4	
B 179	VS. II	18.8	81.2	18.2	2.1	tr.	2.8	0.6	4.1	2.9	9.8	6.2	36.1	31.5	45.1	40.6	1.3	4.9	
B 180	V. II	7.5	92.5	15.1	1.2	tr.	1.6	0.9	0.9	0.3	3.8	1.7	39.6	28.4	52.9	53.6	0.2	1.5	
B 181	V. II	6.6	93.4	15.0	0.3	tr.	0.7	tr.	0.7	0.9	4.9	3.3	39.4	29.0	54.0	51.8	0.3	3.0	
B 182	V. II	8.3	91.7	18.1	0.6	0	0.9	0.3	1.4	0.9	5.4	3.3	32.9	29.8	58.8	47.6	0.3	3.0	
B 183	VS. II	27.7	72.3	20.4	9.7	4.5	11.5	9.2	2.2	0.8	4.3	1.9	24.5	20.9	47.8	42.3	0.3	1.6	

STATIONS.	NATURE du fond.	SABLE.	VASE.	CALCAIRE.	SABLE gros.		SABLE moyen.		SABLE fin.		SABLE très fin.		FINS-FINS.		ARGILE.		SABLE très fin.		OBSERVATIONS.
					av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	L.	I.	
B 184	SV. III	88.1	11.9	47.9	28.4	4.1	35.4	14.7	18.2	10.9	6.1	6.4	6.5	7.7	5.4	8.3	1.8	4.6	
B 185	S. IV	98.0	2.0	56.9	1.8	0.7	21.2	7.3	41.0	18.4	34.0	14.3	1.0	1.4	1.0	1.0	4.6	9.7	
B 186	VS. II	19.7	80.3	19.0	8.2	5.4	5.4	4.6	1.0	0.4	5.1	2.3	34.8	28.9	45.5	39.4	0.4	1.9	
B 187	VS. II	16.9	83.1	15.0	1.4	0.7	3.1	1.8	4.9	2.9	7.5	6.8	25.6	23.1	57.5	49.7	0.6	6.2	
B 188	VS. II	26.4	73.6	19.9	3.4	2.1	3.4	2.1	8.2	5.5	10.1	9.7	30.7	23.1	42.9	36.6	0.7	9.0	
B 189	SV. II	83.5	16.5	21.6	2.5	0.1	13.9	6.8	42.3	27.8	24.8	28.0	5.2	3.5	11.3	12.2	3.2	24.8	
B 190	SV. II	81.8	18.2	18.8	7.4	4.1	29.6	24.6	30.2	28.3	14.6	8.3	5.4	3.8	12.8	12.1	0.8	7.4	
B 191	VS. II	29.2	70.8	22.1	7.2	3.1	4.0	2.2	4.9	2.4	13.1	11.1	28.1	22.2	42.7	36.9	0.8	10.3	
B 192	VS. II	13.2	86.8	18.1	3.3	0.4	2.5	0.7	2.0	0.7	5.4	2.2	40.4	31.5	46.4	46.4	0.5	1.7	
B 193	Roche	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
B 193 bis	VS. II	11.9	88.1	10.9	0.7	0	0.2	0.1	0.3	0.2	10.7	6.1	56.7	53.3	31.4	29.4	0.2	5.9	
B 194	S. II	97.1	2.9	16.8	3.8	1.0	85.6	67.6	6.2	8.6	1.5	1.6	1.2	2.0	1.7	2.4	0.7	0.9	
B 195	SV. I	92.6	7.4	2.2	0.1	tr.	1.8	1.1	19.9	11.0	70.8	74.1	5.6	9.2	1.8	2.4	12.2	61.9	
B 196	VtS. I	63.0	37.0	2.3	0.2	tr.	1.3	1.0	8.9	5.5	52.6	46.1	32.7	37.8	4.3	7.3	8.4	37.7	
B 197	VtS. I	54.7	45.3	2.5	0.5	0.3	0.9	0.7	4.4	2.8	48.9	42.0	41.2	46.7	4.1	5.0	8.7	33.3	
B 198	VS. II	26.5	72.5	11.6	1.2	0.7	0.8	0.5	0.6	0.2	24.9	10.5	67.7	71.4	4.8	5.1	1.9	8.6	
B 199	VS. II	28.9	71.1	6.8	0.3	tr.	0.3	0.1	0.4	0.3	27.9	26.0	59.7	56.7	11.4	10.1	5.6	20.4	
B 200	VS. II	39.3	60.7	7.4	2.5	tr.	0.9	0.1	0.8	0.1	35.1	21.9	50.2	59.0	10.5	11.5	3.5	18.4	
B 201	VS. II	33.5	66.5	14.4	6.7	1.7	3.4	1.7	2.4	1.1	21.0	14.2	41.9	39.0	24.6	14.4	2.4	11.8	
B 202	SV. II	80.3	19.7	8.5	32.0	27.4	29.5	28.8	11.0	11.0	7.8	6.6	13.1	12.2	6.6	8.5	1.1	5.5	
B 203	VtS. II	65.8	34.2	17.3	44.2	32.2	12.4	10.5	3.2	2.5	6.0	3.0	15.7	16.2	18.5	18.3	0.2	2.8	
B 204	VS. II	12.8	87.2	9.3	0.4	0	0.2	0	0.5	0.1	11.7	4.5	60.4	57.1	26.8	29.0	1.2	3.3	
B 205	VtS. II	69.3	30.7	19.6	43.3	30.1	21.9	18.9	2.0	1.7	2.1	1.0	12.8	10.4	17.9	18.3	0.1	0.9	
B 206	VS. II	29.7	70.3	16.0	2.3	0.2	7.4	5.2	11.7	9.3	8.3	9.9	27.0	21.9	43.3	37.5	1.2	8.7	
B 207	VS. II	33.0	67.0	21.2	4.2	2.4	11.0	7.9	11.1	8.4	6.7	5.8	24.7	14.8	42.3	39.5	0.5	5.3	
B 208	V. II	8.5	91.5	21.0	0.8	0.4	2.8	1.8	2.0	1.3	2.9	1.8	34.6	25.6	56.9	48.1	0.2	1.6	
B 209	VS. II	25.7	74.3	18.7	1.8	0.8	4.3	3.1	9.4	7.9	10.2	10.1	26.8	19.7	47.5	39.7	1.2	8.9	
B 210	VtS. II	56.6	43.4	11.0	12.8	10.3	24.2	20.8	13.9	15.2	5.7	4.9	18.0	14.7	25.4	23.1	0.5	4.4	
B 211	VS. II	23.1	76.9	13.3	2.8	1.4	7.8	5.8	7.2	6.8	5.3	2.9	29.5	28.1	47.4	41.7	0.3	2.6	
B 212	VS. II	10.3	89.7	11.6	0.5	0.2	1.6	1.0	1.7	1.2	6.5	2.4	56.2	48.6	33.5	35.0	0.7	1.7	
B 213	VS. II	32.5	67.5	7.0	1.0	tr.	0.7	0.2	1.4	1.0	29.4	29.6	53.2	49.3	14.3	12.9	5.2	24.4	
B 214	VS. I	31.9	68.1	3.2	»	»	0.1	tr.	0.4	0.3	31.4	30.2	63.2	61.8	4.9	4.5	6.4	23.8	
B 215	VS. II	27.1	72.9	5.0	0.1	tr.	0.2	0.1	0.6	0.4	26.2	20.5	65.5	68.0	7.4	6.0	3.7	16.8	
B 216	VS. II	30.0	70.0	7.0	0.7	tr.	0.4	0.1	0.6	0.2	28.3	27.5	61.7	58.4	8.3	6.8	5.1	22.4	
B 217	VS. I	33.4	66.6	4.5	0.1	tr.	0.1	tr.	0.6	0.5	32.6	30.0	57.8	57.0	8.8	8.0	6.0	24.0	
B 218	VtS. II	53.2	46.8	5.8	0.5	0	0.4	tr.	0.7	0.8	51.6	50.8	37.2	33.0	9.6	9.6	9.0	41.8	
B 219	V. II	10.0	90.0	14.4	0.5	tr.	0.4	0.1	0.5	0.2	8.6	6.7	56.0	50.5	34.0	28.1	1.0	5.7	
B 220	V. II	2.5	97.5	20.4	0.1	tr.	0.1	tr.	0.1	0.1	2.2	1.0	47.5	32.1	50.0	46.4	0.2	0.8	
C 1	S. II	95.7	4.3	11.1	0.2	0	21.7	7.3	37.1	38.9	36.6	37.0	3.3	4.5	1.0	1.2	5.6	31.4	
C 2	V. II	4.9	95.1	11.1	0.2	0	0.3	0.1	0.5	0.2	3.9	1.9	72.8	54.3	22.3	32.4	0.5	1.4	
C 3	V. II	5.5	94.5	13.9	0.3	0	0.5	0	0.6	0.2	4.1	2.1	54.6	29.3	39.9	54.5	0.4	1.7	
C 4	VS. II	15.6	84.4	15.0	1.1	0.7	5.7	3.9	4.6	4.5	4.2	5.2	50.6	34.2	33.8	36.5	0.6	4.6	
C 5	VtS. II	56.0	44.0	19.1	3.7	0	6.5	2.1	31.1	28.4	14.7	15.5	23.0	14.9	21.0	22.0	1.2	12.3	
C 6	V. III	74.7	25.3	37.7	24.3	9.1	18.5	9.5	21.9	16.6	10.0	8.8	7.4	5.0	17.9	13.3	0.7	8.1	
C 7	SV. III	85.8	14.2	23.9	17.1	4.9	23.5	13.4	32.5	28.1	12.7	16.4	6.4	3.8	7.8	9.5	1.8	14.6	
C 8	VtS. II	68.2	31.8	17.8	3.6	1.3	24.4	16.4	15.8	19.8	24.4	16.4	20.0	13.3	11.8	15.0	1.3	15.1	
C 9	VS. II	29.9	70.1	15.3	1.6	0	6.5	4.5	10.3	7.9	11.5	11.2	44.3	27.4	25.8	33.7	0.9	10.3	
C 10	V. II	2.6	97.4	13.8	»	»	0.2	0	0.1	0	2.3	1.2	64.3	37.8	31.1	47.2	0.3	0.9	
C 11	V. II	2.0	98.0	12.6	»	»	0.1	0	0.3	0	1.6	0.7	65.0	43.5	33.0	43.2	0.1	0.6	
C 12	V. II	2.8	97.2	11.7	»	»	0.1	0	0.5	0.1	2.2	1.3	69.5	14.8	27.7	72.1	0.3	1.0	
C 13	VS. III	41.9	58.1	34.3	23.8	2.1	1.3	0.1	1.2	0.2	15.6	7.5	42.1	36.5	16.0	19.3	1.1	6.4	
C 14	S. III	97.6	2.4	38.6	1.7	0	24.8	5.2	35.1	21.0	36.0	30.5	2.4	3.9	0	0.8	7.6	22.9	
C 15	SV. III	91.7	8.3	36.4	1.7	0	9.5	1.1	28.1	6.3	52.4	42.4	7.7	11.8	0.6	2.0	4.4	38.0	
C 16	VS. II	10.1	89.9	10.8	»	»	0.2	0	3.2	0.6	6.7	6.7	63.9	38.7	26.0	43.2	1.1	5.6	
C 17	V. II	2.9	97.1	12.3	0.1	0	0.1	0	0.5	0.1	2.2	1.1	64.0	33.7	33.1	52.8	0.4	0.7	
C 18	VS. II	14.0	86.0	13.8	1.9	0	6.7	5.5	2.5	3.4	2.9	1.7	41.1	28.0	44.9	47.6	0.3	1.4	
C 19	VS. II	49.3	50.7	19.9	3.4	1.5	12.6	8.4	15.9	8.0	17.4	20.0	29.6	16.2	21.1	26.0	1.9	18.1	
C 20	SV. IV	88.5	11.5	63.9	13.5	0.8	21.2	0.5	18.6	1.7	35.2	19.1	10.4	11.0	1.1	3.0	3.2	15.9	
C 21	SV. V	84.6	15.4	76.2	34.6	0.6	37.9	1.6	6.2	1.5	5.9	2.1	7.1	6.0	8.3	12.0	0.4	1.7	
C 22	S. IV	97.7	2.3	68.1	60.0	13.3	34.8	10.2	1.9	3.2	1.0	0.5	0.9	1.2	1.4	3.5	0	0.5	
C 23	SV. III	89.8	10.2	29.4	52.5	32.9	30.6	19.6	5.9	8.4	0.8	0.5	1.8	2.8	8.4	6.4	0	0.5	
C 24	S. II	95.3	4.7	19.1	26.4	16.3	54.6	36.2	11.9	18.5	2.4	3.6	2.0	1.7	2.7	4.6	0.5	3.1	
C 25	SV. II	83.3	16.7	10.8	27.5	23.4	50.5	46.4	4.0	3.4	1.3	0.8	7.4	4.8	9.3	10.4	0.1	0.7	
C 26	VtS. IV	64.5	35.5	59.0	40.9	1.0	18.4	0.7	3.2	0.5	2.0	1.1	16.4	12.9	19.1	24.8	0.4	0.7	

STATIONS.	NATURE du fond.	SABLE.	VASE.	CALCAIRE.	SABLE gros.		SABLE moyen.		SABLE fin.		SABLE très fin.		FINS-FINS.		ARGILE.		SABLE très fin.		OBSERVATIONS.
					av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	L.	l.	
C 27	VS. III	49.3	50.7	48.9	23.2	0.4	21.5	0.6	1.7	1.1	2.9	1.1	26.8	15.6	23.9	32.3	0.3	0.8	
C 28	VtS. II	71.2	28.8	12.0	22.3	20.1	43.0	37.2	2.6	3.3	3.3	2.0	15.3	9.4	13.5	16.0	0.3	1.7	
C 29	VS. II	43.4	56.6	17.6	9.4	0	21.8	12.1	0.5	15.0	11.7	1.1	27.4	19.7	28.7	30.5	0.3	0.8	
C 30	VS. II	24.9	75.1	13.0	0.4	0	4.5	0.3	4.9	1.5	15.1	11.2	45.7	29.3	29.4	44.6	2.1	9.1	
C 31	V. II	8.0	92.0	20.9	2.7	1.2	1.7	1.0	0.9	0.4	2.7	1.7	50.6	26.5	41.4	48.3	0.3	1.4	
C 32	V. II	3.4	96.6	18.7	0.2	0	0.2	0.1	0.4	0.1	2.6	1.2	68.1	31.5	28.5	48.4	0.3	0.9	
C 33	VS. III	17.3	82.7	26.0	3.6	0	9.6	1.3	0.8	0.9	3.3	2.4	38.1	20.0	44.6	49.4	0.4	2.0	
C 34	V. II	3.1	96.9	12.7	0.3	0	0.3	0	0.5	0.1	2.0	0.9	57.0	34.8	39.9	51.5	0.2	0.7	
C 35	V. II	6.3	93.7	12.2	0.5	0	0.4	0.1	0.5	0.2	4.9	1.9	57.6	37.0	36.1	48.6	0.3	1.6	
C 36	VtS. II	54.3	45.7	11.6	28.5	0.3	6.0	3.1	2.9	1.2	16.9	22.1	37.4	46.9	8.3	14.8	3.5	18.6	
C 37	VtS. III	69.7	30.3	44.2	33.5	0	5.3	1.6	2.1	0.7	28.8	21.6	25.5	25.9	4.8	6.0	2.6	19.0	
C 38	SV. IV	76.4	23.6	72.5	51.1	0.5	17.3	1.3	2.5	0.3	5.5	1.8	11.9	10.9	11.7	12.7	0.3	1.5	
C 39	SV. IV	84.2	15.8	60.7	73.4	14.1	8.5	4.1	1.2	0.8	1.1	1.1	10.4	8.7	5.4	10.5	0.2	0.9	
C 40	S. II	98.3	1.7	20.3	1.5	0	8.3	3.0	32.8	17.5	55.7	54.8	1.7	3.6	0	0.8	6.5	48.3	
C 41	VS. II	24.2	75.8	15.7	1.1	0.2	4.9	3.8	7.5	6.3	10.7	9.1	34.5	25.0	41.3	39.9	0.5	8.6	
C 42	VtS. II	67.6	32.4	17.9	1.8	0	7.7	4.2	39.3	35.8	18.8	16.6	9.0	7.3	23.4	18.2	1.3	15.3	
C 43	VtS. II	67.3	32.7	16.7	5.0	3.3	10.2	7.0	40.6	34.6	11.5	11.0	14.7	10.3	18.0	17.1	0.7	10.3	
C 44	V. II	6.5	93.5	16.9	0.7	0.2	0.9	0.5	2.7	2.2	2.2	1.5	56.9	36.5	36.6	42.2	0.3	1.2	
C 45	V. II	0.7	99.3	20.5	»	»	0.1	0	0.2	0.1	0.4	0.3	75.5	31.2	23.8	47.9	»	»	
C 46	V. II	1.0	99.0	20.1	»	»	0.1	0.1	0.1	0.4	0.9	0.7	49.7	21.6	49.3	57.1	0	0.7	
C 47	V. II	1.9	98.1	20.4	0.2	0	0.2	0.1	0.4	0.2	1.1	0.4	49.2	27.2	48.9	51.7	0.1	0.3	
C 48	V. II	1.1	98.9	20.4	0.1	0	0.1	0	0.2	0	0.7	0.1	50.2	19.8	48.7	59.7	»	»	
C 49	V. II	1.1	98.9	19.6	0.7	0	0.1	0	0.1	0	0.2	0.3	64.4	31.1	34.5	49.0	»	»	
C 50	V. II	3.9	96.1	15.4	0.1	0	0.2	0	0.2	0	3.4	2.9	66.3	40.7	29.8	41.0	0.6	2.3	
C 51	VS. II	13.9	86.1	8.5	0.7	0.3	0.9	0.7	0.6	0.8	11.7	11.4	65.2	48.1	20.9	30.2	1.5	9.9	
C 52	VS. I	23.6	76.4	4.0	0.3	0	0.5	0.1	0.4	0.3	22.4	26.3	69.5	61.8	6.9	7.5	3.7	22.6	
C 53	S. III	95.7	4.3	33.3	4.8	0.1	1.2	1.0	12.6	12.3	77.1	46.8	2.6	4.8	1.7	1.7	7.7	39.1	
C 54	SV. III	86.7	13.3	36.4	11.9	0.1	4.4	3.1	41.6	37.5	28.8	12.8	4.0	5.9	9.3	4.2	2.6	10.2	
C 55	V. III	3.0	97.0	32.7	»	»	0.1	0.1	0.5	0.1	2.4	1.3	50.4	52.6	46.6	13.2	0.3	1.0	
C 56	V. III	4.7	95.3	33.5	0.1	0	0.1	0	»	»	4.5	2.0	69.5	45.1	25.8	19.4	0.5	1.5	
C 57	V. III	5.2	94.8	32.6	0.6	0	0.1	0	0.2	0	4.3	2.7	71.5	51.5	23.3	13.2	0.7	2.0	
C 58	Roche	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»	
C 59	SV. III	78.1	21.9	29.3	0.2	0	0.1	0.1	0.3	0.3	77.5	52.0	20.7	15.7	1.2	2.6	8.7	43.3	
C 60	VS. III	45.8	54.2	30.5	0.1	0	0.3	0	0.1	0.1	45.3	33.7	45.5	28.0	8.7	7.7	5.5	28.2	
C 61	V. III	7.2	92.8	31.4	0.1	0	0.2	0.2	0.4	0.2	6.5	5.0	75.3	48.9	17.5	14.3	1.5	3.5	
C 62	VtS. III	66.9	33.1	29.5	»	»	0.1	0.1	0.8	0.8	66.0	43.9	32.0	24.5	1.1	1.2	7.7	33.2	
C 63	V. III	3.7	96.3	27.0	»	»	0.1	0.1	0.2	0.1	3.4	3.2	70.9	47.1	25.4	22.5	0.8	2.4	
C 64	V. III	3.2	96.8	33.3	»	»	0.1	0.1	0.1	0	3.0	2.6	74.0	50.0	22.8	14.0	0.8	1.8	
C 65	V. III	6.4	93.6	32.6	»	»	0.1	0.2	0.1	0.4	6.2	6.4	73.6	43.4	18.0	17.0	1.9	4.5	
C 66	VS. III	38.5	61.5	29.9	»	»	0.4	0	»	»	38.1	22.0	57.2	43.6	4.3	4.5	4.7	17.3	
C 67	VtS. III	58.1	41.9	27.0	0.2	0	0.1	0.1	0.8	0.8	57.0	39.4	39.1	29.3	2.8	3.4	6.8	32.6	
C 68	V. III	7.8	92.2	32.2	0.1	0	0.1	0	0.2	0.1	7.5	2.9	74.5	52.3	17.6	12.5	0.7	2.2	
C 69	V. III	1.4	98.6	32.6	»	»	0.1	0	0.1	0	2.2	1.5	71.0	47.7	26.6	18.2	0.5	1.0	
C 70	V. III	1.9	98.1	32.6	»	»	»	»	0.1	0	1.8	0.9	68.4	43.7	29.7	22.8	0.3	0.6	
C 71	V. III	1.1	98.9	33.7	»	»	»	»	0.2	0	0.9	0.7	65.7	31.0	33.2	34.6	0.2	0.5	
C 72	V. III	3.0	97.0	34.2	»	»	»	»	0.2	0	2.7	2.0	80.2	45.6	16.9	18.2	0.4	1.6	
C 73	V. III	4.2	95.8	30.1	»	»	0.1	0	1.9	0	2.1	2.3	71.6	43.7	24.3	23.9	0.7	1.6	
C 74	V. III	6.1	93.9	31.8	»	»	0.1	0	0.1	0	5.8	1.6	74.8	41.7	19.2	24.9	0.6	1.0	
C 75	VS. III	16.9	83.1	31.4	0.2	0	0.3	0	0.2	0.2	16.2	16.1	60.4	31.5	22.7	20.8	2.3	13.8	
C 76	VS. III	30.7	69.3	30.3	0.1	0	0.1	0	0.1	0.1	30.4	21.2	55.5	31.6	13.8	20.8	2.6	18.6	
C 77	SV. III	94.2	5.8	27.4	0.1	0	0.1	0.1	0.7	0.8	93.3	63.2	4.8	6.2	1.0	2.3	10.9	52.3	
C 78	S. III	95.2	4.8	28.4	0.2	0	0.8	1.2	3.6	3.6	90.5	61.0	3.9	4.5	0.9	1.3	11.4	49.6	
C 79	S. III	96.7	3.3	27.8	0.5	0	0.4	0	0.5	0.4	95.3	67.4	2.4	3.1	0.9	1.3	11.0	56.4	
C 80	VS. III	47.3	52.7	33.3	0.6	0	0.2	0	0.4	0.1	46.1	28.0	38.8	27.4	13.9	11.2	4.6	23.4	
C 81	VS. III	10.6	89.4	30.8	0.1	0	0.2	0	0.2	0.1	10.2	6.7	67.1	43.4	22.2	19.0	1.7	5.0	
C 82	SV. III	75.0	25.0	49.6	23.7	0	7.5	1.0	1.4	0.2	42.4	27.7	17.1	14.1	7.9	7.4	5.9	21.8	
C 83	SV. III	91.2	8.8	27.2	0.5	0	0.2	0.1	2.2	1.9	88.3	61.3	6.7	7.2	2.1	2.3	10.1	51.2	
C 84	SV. III	94.1	5.9	27.2	»	»	1.0	1.0	5.4	5.2	87.6	59.7	4.9	4.9	1.1	2.0	9.6	50.1	
C 85	SV. III	93.3	6.7	27.7	4.6	0	1.0	0.8	3.2	5.0	84.5	59.1	4.8	5.2	1.9	2.2	10.3	48.8	
C 86	SV. III	81.2	18.8	28.2	0.2	0	0.2	0	0.2	0.1	80.7	56.5	16.2	12.6	2.5	2.6	8.1	48.4	
C 87	VtS. III	57.4	42.6	31.9	2.1	0	0.6	0	0.4	0.1	54.3	40.0	29.7	17.7	12.9	10.3	7.1	32.9	
C 88	V. III	6.6	93.4	38.3	1.9	0	1.3	0	0.5	0.1	2.9	2.9	50.5	35.9	42.9	22.8	0.8	2.1	
C 89	V. III	7.3	92.7	30.4	0.6	0	0.6	0.1	0.5	0.1	5.6	3.2	72.1	46.4	20.6	19.8	1.2	2.0	
C 90	VtS. III	57.6	42.4	30.3	0.7	0	0.2	0	0.2	0	56.6	40.6	25.2	17.5	17.2	11.6	6.2	34.4	
C 91	SV. III	81.0	19.0	29.8	»	»	0.1	0	0.2	0.1	80.7	55.2	15.3	12.7	3.7	2.2	8.2	47.0	

STATIONS.	NATURE du fond.	SABLE.	VASE.	CALCAIRE.	SABLE gros.		SABLE moyen.		SABLE fin.		SABLE très fin.		FINS-FINS.		ARGILE.		SABLE très fin.		OBSERVATIONS.
					av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	av. A.	ap. A.	L.	l.	
C 92	SV. III	92.5	7.5	26.3	0.2	0	0.6	0.5	3.8	2.9	87.9	58.1	6.0	10.5	1.5	1.7	8.4	49.7	
C 93	SV. III	76.1	23.9	28.8	»	»	0.5	0.5	1.8	1.5	73.7	50.2	11.3	11.5	12.7	7.5	7.2	43.0	
C 94	VtS. III	67.4	32.6	28.6	»	»	0.1	0	0.2	0	67.1	54.8	28.2	12.2	4.4	4.4	7.6	47.2	
C 95	VS. III	13.8	86.2	33.8	2.7	0	1.0	0	0.3	0.1	9.8	10.0	61.7	35.3	24.5	20.8	2.0	8.0	
C 96	V. III	7.7	92.3	32.8	1.0	0	0.8	0	0.5	0	5.4	2.8	59.1	26.6	33.2	37.8	0.6	2.2	
C 97	V. III	2.0	98.0	30.6	0.3	0	0.2	0	0.1	0.1	1.4	0.7	41.3	32.6	56.7	36.0	0.2	0.5	
C 98	V. III	5.6	94.4	32.7	0.1	0	0.1	0	0.1	0	5.3	4.3	68.2	39.2	26.2	23.8	0.7	3.6	
C 99	VS. III	45.2	54.8	29.2	0.1	0	0.1	0	0.1	0.1	44.8	41.8	50.9	23.6	4.0	5.3	5.6	36.2	
C 100	VtS. III	54.2	45.8	30.3	»	»	0.1	0	0.3	0.4	53.8	37.6	35.8	25.2	10.0	6.5	4.9	32.7	
C 101	VS. III	11.2	88.8	31.9	0.5	0	0.1	0	0.1	0.1	10.5	5.4	38.4	18.1	50.4	44.5	0.7	4.7	
C 102	V. III	5.9	94.1	33.7	1.2	0	0.5	0	0.3	0	3.9	1.9	59.9	30.1	34.2	34.3	0.2	1.7	
C 103	V. III	7.8	92.2	32.9	1.4	0	1.0	0	0.5	0.1	5.0	4.1	42.4	17.6	49.7	45.3	0.9	3.2	
C 104	VS. III	31.7	68.3	37.2	7.2	0	3.7	0	1.8	0.2	19.0	8.5	45.6	29.4	22.7	24.7	1.8	6.7	
C 105	V. III	5.0	95.0	30.8	1.8	0	0.4	0	0.7	0.1	2.1	2.1	55.5	31.0	39.5	36.0	0.6	1.5	
C 106	VS. III	19.7	80.3	25.7	0.8	0	0.5	0	0.3	1.1	18.1	11.7	56.3	36.2	24.0	25.3	1.9	9.8	
C 107	V. III	2.6	97.4	32.6	»	»	»	»	0.1	0	2.5	2.6	72.3	32.3	25.1	32.5	0.7	1.9	

ANNALES DE L'INSTITUT OCÉANOGRAPHIQUE

Tableau III. — Type du Calcul du fond moyen III M_3^{10-20} .

	S.	V.	CALC.	SABLE GROS.	SABLE MOYEN.	SABLE FIN.	SABLE TRÈS FIN.	FINS-FINS.	ARGILE.	L	I.
A 39 ..	97.4	— 2.6	— 34.2	2.4 — 0	0.8 — 0	1.0 — 0.3	93.2 — 53.2	1.6 — 5.8	1.0 — 6.5	3.5 —	49.7
A 40 ..	97.4	— 2.6	— 30.7	1.1 — 0	0.3 — 0.1	3.6 — 2.6	94.4 — 54.7	1.9 — 7.6	0.7 — 4.3	7.8 —	46.9
A 59 ..	96.3	— 3.7	— 35.6	4.4 — 0	0.7 — 0	2.5 — 1.4	88.7 — 51.6	1.9 — 4.9	1.8 — 6.5	5.6 —	46.0
	291.1	— 8.9	— 100.5	7.9 — 0	1.8 — 0.1	7.1 — 4.3	276.3 — 159.5	5.4 — 18.3	3.5 — 17.3	16.9 —	142.6
M^{10-20} ...	97.03	— 2.96	— 33.50	2.63 — 0	0.60 — 0.03	2.37 — 1.43	92.10 — 53.16	1.80 — 6.10	1.16 — 5.76	5.63 —	47.53
	97.04	— 2.96	— 33.50	2.61 — 0	0.59 — 0.03	2.35 — 1.43	91.49 — 53.18	1.80 — 6.10	1.16 — 5.76	5.63 —	47.55
Fonds moyens.											
I M_2^{0-10}	76.35	— 23.65	— 28.50	0.80 — 0	0.52 — 0.51	2.36 — 2.43	72.67 — 49.30	13.72 — 10.76	9.93 — 8.50	7.92 —	41.38
I M_4^{10-20}	44.06	— 55.94	— 30.03	0.65 — 0.07	0.29 — 0	0.41 — 0.30	42.71 — 31.53	39.92 — 22.52	16.02 — 15.55	4.84 —	26.69
I M_8^{20-30}	27.35	— 72.65	— 34.73	3.89 — 0	1.60 — 0.11	0.61 — 0.11	21.25 — 13.82	45.22 — 27.77	27.43 — 23.46	2.55 —	11.27
I M_{12}^{30-40}	13.75	— 86.25	— 31.10	0.11 — 0	0.18 — 0	0.14 — 0.15	13.32 — 11.40	63.78 — 37.45	22.47 — 19.90	1.57 —	9.83
III M_2^{0-10}	95.30	— 4.70	— 33.50	2.00 — 0	0.80 — 0	2.50 — 1.90	90.00 — 52.55	2.55 — 5.85	2.15 — 6.20	5.20 —	47.35
III M_4^{10-20}	97.04	— 2.96	— 33.50	2.61 — 0	0.59 — 0.03	2.35 — 1.43	91.49 — 53.18	1.80 — 6.10	1.16 — 5.76	5.63 —	47.55
III M_8^{20-30}	77.95	— 22.05	— 38.85	4.90 — 0	2.60 — 0	1.35 — 0.10	69.10 — 39.70	7.80 — 5.95	14.25 — 15.40	2.45 —	37.25
III M_{12}^{30-40}	13.11	— 86.89	— 36.81	1.61 — 0	0.86 — 0	3.53 — 0.03	7.11 — 4.83	52.79 — 14.30	34.10 — 44.03	0.23 —	4.60
III M_{16}^{40-50}	0.70	— 99.30	— 33.75	0 — 0	0 — 0	0.05 — 0	0.65 — 0.20	51.63 — 10.35	47.67 — 55.70	0.05 —	0.15
V M_2^{0-10}	94.86	— 5.14	— 23.81	0.06 — 0	0.17 — 0.08	1.31 — 1.15	93.32 — 64.07	3.64 — 6.46	1.50 — 4.43	5.20 —	58.87
V M_4^{10-20}	83.74	— 16.26	— 21.88	0.18 — 0.02	0.35 — 0.16	1.45 — 1.15	81.76 — 52.51	13.39 — 18.44	2.87 — 5.84	4.62 —	47.89
V M_8^{20-30}	32.91	— 67.09	— 25.06	0.42 — 0	0.36 — 0.06	0.63 — 0.26	31.50 — 15.17	45.91 — 39.20	21.18 — 20.25	0.83 —	14.34
V M_{12}^{30-40}	2.55	— 97.45	— 25.08	0.20 — 0	0.17 — 0	0.22 — 0.05	1.96 — 0.67	51.05 — 32.09	46.40 — 42.11	0.15 —	0.52
VII M_2^{0-10}	99.00	— 1.00	— 1.10	0.20 — 0.20	13.10 — 12.00	46.50 — 46.40	39.20 — 37.30	0.70 — 1.70	0.30 — 1.30	10.20 —	27.10
VII M_4^{10-20}	82.53	— 17.47	— 2.24	0.21 — 0.04	0.19 — 1.49	16.48 — 13.91	65.65 — 59.89	13.70 — 17.57	3.77 — 4.86	10.51 —	49.38
VII M_8^{20-30}	35.70	— 64.30	— 9.83	3.53 — 1.54	7.46 — 6.84	1.50 — 1.27	23.21 — 20.28	51.30 — 48.35	13.00 — 11.87	3.91 —	16.37
VII M_{12}^{30-40}	15.75	— 84.25	— 15.12	5.91 — 5.18	1.59 — 1.38	0.78 — 0.51	7.47 — 4.93	53.43 — 46.21	30.82 — 26.67	0.91 —	4.01
VII M_{16}^{40-50}	10.00	— 90.00	— 21.44	2.57 — 1.33	1.35 — 0.62	0.99 — 0.39	5.09 — 1.91	49.16 — 36.94	40.84 — 37.37	0.42 —	1.49
VII M_{20}^{50-60}	1.71	— 98.29	— 23.60	0.13 — 0	0.16 — 0	0.13 — 0.05	1.29 — 0.50	43.30 — 27.53	54.99 — 48.32	0.02 —	0.48
VII M_{24}^{60-70}	1.27	— 98.73	— 20.12	0.24 — 0	0.12 — 0.05	0.20 — 0.15	0.71 — 0.37	53.38 — 24.92	45.35 — 54.39	0.03 —	0.34

STATIONS.	OBSERVATIONS.										
	MICAUX PERROUQUET.	CORINDON.	ZIRCON.	TOURMALINE.	PÉRIDOT.	HORNBLÈDE.	ALBES AMPHIBOL.	PYROXÈNES.	MICAS.	GLAUCONIE.	CHLORITE.
									QUARTZ.		
									Hyalin.	Cristallin.	
									FELDSPATH.		
									Orthose.	Plagioclase.	
									DOLOMIE.		
									Jaune.	Rouge.	
									OCRE.		
									MAGMA BASALTIQUE.	ROCHE.	
A 81	R R R	.	R R R	R + R	R + R	and. RR, apat. RR, épid. +.
A 82	R R R	.	R R R	R + R	R + R	épid. R, sph. RR.
A 83	R R R	.	R R R	R + R	R + R	épid. R, sphène RR.
A 84	R R R	.	R R R	R + R	R + R	épid. R, fluor. RR, sph. RR.
A 85	R R R	.	R R R	R + R	R + R	épid. R, glauc. RR, sph. RR.
A 86	R R R	.	R R R	R + R	R + R	apat. RR, épid. R, glauc. RR, sph. RR.
A 87	R R R	.	R R R	R + R	R + R	and. RR, apat. RR, épid. R, glauc. RR, sph. RR, staur. RR.
A 88	R	.	.	R	.	.	R	+	+	+	apat. RR, épid. R, glauc. RR, sph. RR, staur. RR, topaze RR.
A 89	.	.	.	R	.	.	R	+	+	+	épid. R, glauc. RR, rut. RR, sph. RR, staur. RR.
A 90	.	.	.	R	.	R R R	.	+	+	+	épid. R, glauc. RR, sph. RR.
A 91	.	.	.	R R R	.	R R R	.	+	+	+	épid. +, glauc. RR, serp. RR, sph. RR.
A 92	+	+	+	apat. RR, épid. R, glauc. RR, serp. RR, sph. RR, staur. RR.
A 93	+	+	+	épid. RR, sph. RR.
A 94	+	+	+	épid. R, glauc. RR, sph. RR.
A 95	+	+	+	épid. R, serp. RR, sph. RR.
A 96	+	+	+	épid. R.
A 97	+	+	+	épid. R, glauc. RR, sph. RR, staur. RR.
A 98	+	+	+	épid. R, glauc. RR, serp. RR, sph. RR.
A 99	+	+	+	épid. R, glauc. RR.
A 100	+	+	+	disth. RR, épid. R, glauc. RR, sph. RR, staur. RR.
A 101	+	+	+	disth. RR, épid. R, glauc. RR, sph. RR.
A 102	+	+	+	apat. RR, disth. RR, épid. +, glauc. RR, sph. RR.
A 103	+	+	+	épid. R.
A 104	+	+	+	épid. +, glauc. RR, rut. RR, sph. RR.
A 105	+	+	+	épid. R, glauc. RR, serp. RR, sph. RR.
A 106	+	+	+	disth. RR, épid. +, glauc. RR, sph. RR.
A 107	+	+	+	épid. RR, glauc. RR, sph. RR.
A 108	+	+	+	épid. RR, sph. RR.
A 109	+	+	+	épid. R, glauc. RR, sph. RR.
A 110	+	+	+	épid. RR, glauc. RR.
A 111	+	+	+	and. RR, disth. RR, épid. R, glauc. RR, serp. RR, sph. RR, staur. RR.
A 112	R	.	.	.	.	.	.	+	+	+	épid. R, glauc. RR, sph. R.
A 113	+	+	+	apat. RR, épid. R, glauc. RR, sph. RR, staur. RR.
A 114	+	+	+	épid. RR, glauc. RR, sph. RR, staur. RR.
A 115	+	+	+	épid. RR, glauc. RR, rut. RR, serp. RR, sillim. RR, sph. RR.
B 1	.	R	.	.	.	.	.	+	+	+	apat. R, épid. RR, glauc. RR, idoc. R, sph. RR, staur. RR, woll. RR.
B 10	+	+	+	glauc. RR, staur. RR, sph. RR, woll. RR.
B 20	+	+	+	épid. RR, glauc. R, idoc. R, sph. RR, staur. RR.
B 30 bis	+	+	+	idoc. RR.
B 40	+	+	+	glauc. R, idoc. RR, staur. RR, woll. RR.
B 50	+	+	+	glauc. R, idoc. RR, staur. RR, woll. RR.
B 60	+	+	+	glauc. RR.
B 70	+	+	+	épid. +, glauc. R, idoc. R, staur. R.
B 80	+	+	+	

[illegible]

TABLE DES MATIÈRES

I. — Historique, 1. — Usages et utilité des cartes bathylithologiques, 3. — Considérations générales, 5. — Récolte et analyse des fonds, 6. — Classifications, 9. — Discussion relative aux méthodes d'analyse, 9. — Tamis, 10.....	1
II. — Fleuves, 12. — Vents, 13. — Courants, 14.....	12
III. — Bathymétrie.....	14
IV. — Procédés d'étude, 17. — Sections, 17. — Établissement des graphiques, 18. — Auge à courants, 19. — Rondelles colorées, 20. — Constitution en profondeur des fonds, 20.....	17
V. — Distribution des sédiments sur le fond, 21. — Axe de vitesse maximum; axe de moindre classement, 24. — Sédimentation dans les golfes et autour des caps, 30.....	21
VI. — Étude du calcaire, 32. — Distribution en gerbe, 33. — Carbonate de chaux d'origine chimique.	32
VII. — Étude microminéralogique, 35. — Origine continentale des sédiments, 36. — Répartition des minéraux sur le fond, 37. — Spirales de courants, 40. — Dépôts ferrugineux et ocreux, 40.	35
Résumé.....	43
Signes et abréviations.....	47
Tableau I. — Liste des stations.....	49
Tableau II. — Analyse mécanique et chimique.....	53
Tableau III. — Type du calcul d'un fond moyen, 61. — Fonds moyens.....	61
Tableau IV. — Analyses microminéralogiques.....	62



GC
1
I44
t.4

Institut océanographique
Annales

PLEASE DO NOT REMOVE
CARDS OR SLIPS FROM THIS POCKET

UNIVERSITY OF TORONTO LIBRARY
